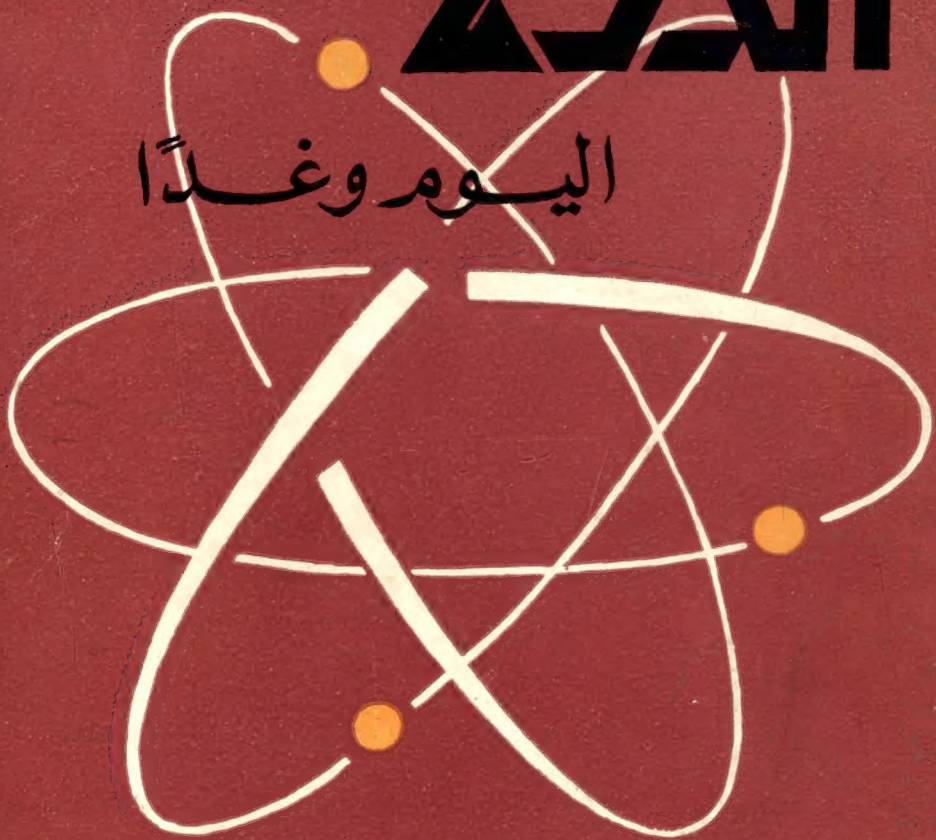


الذرة

اليوم وغداً



تأليف

مرجريت هايد

ترجمة

الدكتور محمد الشحات

تقديم : الصاغ ا.ح. كمال الدين حسين وزير التربية والتعليم

الذِّرَّةُ الْيَوْمَ وَعَسَا

نشر هذا الكتاب بالاشتراك

مع

مؤسسة فرانكلين للطباعة والنشر

نيويورك - القاهرة

الذرة اليوم وغداً

تأليف

مرجريت هاید

ترجمته

الدكتور محمد الشحات

مقدمة

بقلم الصاغ أركان الحرب

كمال الدين حسين

وزير التربية والتعليم

الناشر

الشركة العربية
للطباعة والنشر والتوزيع
٥٣ شارع الجمهورية بالقاهرة

هذه الترجمة مرخص بها ، وقد قامت مؤسسة فرانكلين
للطباعة والنشر بشراء حق الترجمة من صاحب هذا الحق

This is an authorized translation of « Atoms
Today And Tomorrow » by Margaret O. Hyde.
Copyright, 1955, by Margaret O. Hyde and Clifford
N. Geary. Published by McGraw - Hill Book Com-
pany, New York.

تقديم

الصاغ اركان الحرب
كمال الدين حسين

وزير التربية والتعليم ورئيس لجنة الطاقة الذرية

ترجمة كتاب مرجريت هايد Atoms Today and Tomorrow

التي قام بها الدكتور محمد الشحات محمد عوض

اطلعت على هذا الكتاب الذى يعالج الموضوعات الخاصة
بالنرة والطاقة الذرية بطريقة مبسطة مشوقة تعطى القارئ
فكرة واضحة عن تطورات العلم فى هذا المضمار .
وانا اذ نشجع ترجمة امثال هذا الكتاب من الكتب العلمية
المبسطة الى اللغة العربية ونرحب بضمها الى المكتبة العربية ،
نود ان نشكر القائمين بتأليفها ونشرها لمساهمتهم الفعالة فى
تنوير الأذهان الى الموضوعات الحيوية وربط العلم بالتفكير
الشعبى ، مما من شأنه أن يدفع شباب الباحثين والدارسين
فى الجامعات ومعاهد البحوث نحو ولوج هذا الميدان الجديد
من ميادين العلم الذى ينتظر أن تحدث تطبيقاته تطورا عظيما
فى الزراعة والصناعة .

وان مصر فى عهدها الحاضر ، حرصا منها على مساهمة
الاتجاه العالمى فى أبحاث وتطبيقات الطاقة الذرية فى الأغراض
السلمية ، قد كونت لجنة للطاقة الذرية تعمل فى المرحلة الأولى
من برنامجها على اعداد وتدريب عدد من الاختصاصيين المصريين
فى فروع الرياضيات العالية وعلوم الطبيعة والكيمياء والجيولوجيا
وفى العلوم الطبية والبيولوجية والهندسية التى تتصل بالبحوث
والدراسات الذرية ، وانه ليسعدنا ان نقدر أن لدينا من
الاخصائيين فى هذه الفروع لبنة صالحة يمكن أن نشق بها
طريقنا فى ركب الباحثين فى هذا المجال .

صاغ /
محمد

تمهيد وتعريف

تساهم الطاقة الذرية اليوم بنصيب قيم في ميادين الطب والزراعة والنقل والصناعة . وقد تستخدم غذا في تدفئة منازلنا ، وانارتها ، وادارة سياراتنا ، ومساعدتنا بطرق عديدة مثيرة .

ويمكننا أن نجعل الطاقة الذرية اما أن تستمر في خدمتنا أو أن تؤدي الى فناء العالم . وبرنامج « الذرة من أجل السلم » الذى وضعه الرئيس ايزنهاور يهيم لنا السبيل الى ايجاد الطريقة التى تستخدم بها الطاقة الذرية من أجل البناء . وتعطينا « مرجريت هايد » صورة واضحة شاملة لكل التطورات التى حدثت حتى الآن فى نواحي توجيه الطاقة الذرية من أجل الخير . وقد استخدمت مصطلحات بسيطة ، وتفسيرات دقيقة منتقاة ، لتوضيح ماهية الطاقة الذرية ، وكيف تستخدم اليوم ، وما يتوقع منها فى المستقبل القريب . وقد عادت « مرجريت هايد » الى جامعة « كولومبيا » التى حصلت منها على درجة الماجستير — وكانت قبل ذلك مستشارة علمية فى مدرسة « لنكولن » التابعة لكلية المعلمين ، ثم مدرسة فى مركز الطفولة بكولومبيا . وقد كانت كذلك رئيسة قسم العلوم فى مدرسة « شيللى » بمدينة

« براين ماور » بولاية پنسلفانيا ومحاضرة في التعليم الأولى بجامعة « تمبل » . وقد اشتركت مع الدكتور « چرالڊ كريج » من كلية المعلمين في تأليف « أفكار جديدة في العلم » كما ألقت كتاب « الطيران اليوم وغدا » ، وغيرهما من الكتب .

وقد قام بنقل هذا الكتاب الى اللغة العربية الدكتور محمد الشحات عوض أستاذ الكيمياء المساعد بكلية الطب بجامعة القاهرة ، التي قام بالتدريس والبحوث فيها منذ تخرجه فيها عام ١٩٣٩ حتى الآن .

وقد نال من قبل الجائزة الأولى لتبسيط العلوم في مسابقة لوزارة المعارف في عام ١٩٤٩ ، عن كتاب عنوانه « الغذاء الكامل » . كما نال الجائزة الأولى في مسابقة نظمت عام ١٩٥٤ عن « كيف تستفيد مصر من التطبيقات السلمية للطاقة الذرية ؟ » . كذلك نشر حوالى المائة مقال في كبريات الصحف عن الموضوعات العلمية المبسطة ، وأذاع كذلك كثيرا من المحاضرات في مختلف الاذاعات بمصر وانجلترا وفرنسا والولايات المتحدة .

وقد مكث بانجلترا ثلاث سنوات حيث نال منها الدكتوراه وقد منح عضوية الجمعيات الكيميائية في انجلترا وفرنسا

وأمریکا . كما قام بزيارات علمية في كثير من بلاد أوروبا الغربية .

ودعته رسميا الحكومة الفرنسية في صيف عام ١٩٥٤ ،
والحكومة الأمريكية في عام ١٩٥٥ لزيارة الجامعات
ومؤسسات الأغذية والأدوية ، وهيئات تبسيط العلوم ،
ولجان الطاقة الذرية ومؤسساتها ومعاهدها ومصانعها .

وقد ساهم في كثير من المؤتمرات العلمية المصرية
والعربية ، وألقى بحوثا في المؤتمرات الدولية للكيمياء بلندن
في عام ١٩٤٧ ، وباريس عام ١٩٤٩ ، وباستوكهولم
عام ١٩٥١ ، وكان عضوا في وفد مصر لدى المؤتمر الدولي
للتطبيقات السلمية للطاقة الذرية الذي نظمته هيئة الأمم
المتحدة بجنيف في أغسطس عام ١٩٥٥ .

كما ساهم في تنظيم الكثير من المعارض العلمية كمعرض
اللدائن (المواد الجديدة) ، ومعرض الراديو والرادار
والتليغرافيون ، ومعرض « قصر المكتشفات » ، ومعرض
الذرة من أجل السلام .

وقد قام الأستاذ حسين بيكار ، المدرس بكلية الفنون
الجميلة ، بتصميم غلاف هذا الكتاب ، وهو فنان معروف
لاسمة شأن كبير في الأوساط الفنية .

محتويات الكتاب

صفحة	
١٠	بعض المصطلحات الذرية
١٤	١ — التنقيب « بعدّاد جيجر » ...
٢٣ ...	٢ — ما هي الطاقة الذرية
٣١	٣ — تحطيم الذرة
٤٤	٤ — « القرن الغامض »
٥٤	٥ — اليورانيوم خلف الأسوار
٦١	٦ — خطر ! نشاط اشعاعي ...
٧٩	٧ — الطيب والذرة
١٠٧	٨ — الزراعة الذرية
١٢٤ ...	٩ — الذرة في الصناعة ...
١٣٥	١٠ — الكهرباء من الذرة
١٤٤	١١ — السفر الذري
١٥٨ ...	١٢ — الذرة ومستقبلك

بعض المصطلحات الذرية

الأشعة α (Alpha Rays): أحد ثلاثة أنواع من الأشعة التي تنبعث من الراديوم والعناصر المشعة الأخرى . ويتألف كل جسيم ألفى منها من اثنين من البروتونات واثنين من النيوترونات ، مرتبطة جيدا جميعا معا .

الذرة (Atom): أصغر جسيم من العنصر يمكن أن يوجد .

الطاقة الذرية (Atomic Energy): الطاقة التي تتحرر عندما تتكسر نويات الذرات ، أو تندمج في بعضها .

الأشعة β (Beta Rays): : أحد ثلاثة أنواع من الأشعة التي تنبعث من الراديوم والعناصر المشعة الأخرى . والأشعة β عبارة عن إلكترونات .

غرفة السحاب (Cloud Chamber): صندوق مقفل مملوء بالهواء الرطب أو أى غاز رطب آخر ، تترك فيه الجسيمات الذرية المتحركة خلفها ذيولا كالسحاب .

المبرّد (Coolant): مادة تستخدم لتبريد المفاعلات ونقل الحرارة منها .

الإلكترون (Electron): جسيم دقيق قد يوجد دائرا حول نويات الذرات ، أو يسرى فى الأسلاك فى صورة الكهرباء ، أو يوجد حرا فى الهواء .

العنصر (Element) : نوع أساسى من المادة لا يمكن تقسيمه الى مواد أخرى بطرق كيميائية .

الانشطار (الانفلاق) (Fission) : تكسير النويات الذرية إلى قسمين متساويين تقريبا مع تحرير الطاقة .

الاندماج (Fusion) : اتحاد نويات ذرية صغيرة أو جسيمات صغيرة لتكوين وحدات أكبر مع تحرير الطاقة .
الأشعة الجيمية (Gamma Rays) : أحد أنواع الأشعة الثلاثة التى تنبعث من الراديوم والمواد المشعة الأخرى .
وهى تشبه الأشعة السينية .

عداد جيجر (Geiger counter) آلة لاكتشاف الجسيمات المشعة ، وتتألف من أنبوبة تحوى غازا يوصل النبضات الكهربائية ، مع احداث صوت كدقات الساعة . وتدل الدقات المتتابة على وجود النشاط الإشعاعى .

نصف الحياة (امد الانتصاف) (Half Life) : طريقة للتعبير عن سرعة انقسام الذرات المشعة . وهى الوقت الذى تفقد فيه نصف أى كمية من المواد المشعة نشاطها الإشعاعى .

النظائر (Isotopes) : الأشكال التى يوجد بها عنصر من العناصر — ونظائر العنصر الواحد لها نفس الخواص ، ولكنها تختلف اختلافا طفيفا فى الوزن .

النيوترون (Neutron) : نوع من الجسيمات يوجد فى نويات كل الذرات ما عدا الهيدروجين المعتاد .

النوية (النواه) (Nucleus) الجزء الأوسط من الذرة
أو قبلها الذى يحوى جسيمات مثل البروتونات والنيوترونات
— وهى الجزء من الذرة الذى لا بد أن ينفلق لتتحرر الطاقة
الذرية .

المفاعل النووى (Nuclear Reactor) : أو الكوم (أو الفرن)
الذرى — آلة لفلق الذرات بسرعة يمكن التحكم فيها ،
تستخدم العناصر المشعة كاليورانيوم كوقود .

البلوتونيوم (Plutonium) : عنصر من صنع الانسان
يمكن فلقه عند قذفه بالنيوترونات .

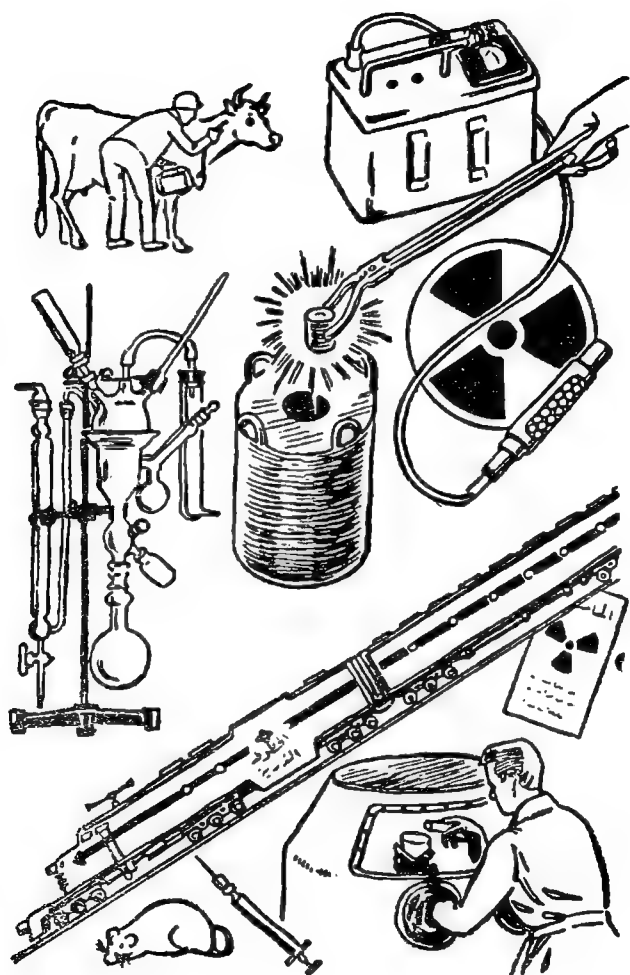
النشاط الاشعاعى (Radio-activity) : خاصية النويات
الذرية لبعض العناصر التى تتحطم قطعة قطعة حسب نموذج
ثابت .

النظائر المشعة (Radioactive Isotopes) : الأشكال
المشعة للعنصر .

الثوريوم (Thorium) : عنصر مشع يمكنه انتاج
وقود للمفاعلات .

اقتفاء الاثر (Tracing) : تتبع موقع النظائر المشعة
بواسطة « عداد جيجر » .

اليورانيوم (Uranium) : معدن أبيض ثقيل مشع ،
هو المورد الرئيسى لوقود المفاعلات النووية .





المنضيب بـدرايت "حـيـجـر"

اما أن تكون الطاقة الذرية خادـمك الأـمين أو أن تؤدى الى فناء العالم . وسيوجه اليك فى حياتك عدد من الأسئلة الخاصة بتطبيق الطاقة الذرية وما تصلح له من أغراض . وقد تساعد اجابـاتك على تحديد مستقبل العالم .

ولا يلزم أن تكون عالما لكى تهضم الأفكار الأساسية للطاقة الذرية ، فهى ليست بأصعب من كثير مما تفهم فعلا من أفكار . ورغم أن بعض المصطلحات الذرية قد يكون جديدا عليك ، فستظهر دواما وتكرارا فى جرائدك فى المستقبل .

واليوم تساعد الطاقة الذرية الأطباء على اطالة الحياة ، وتمد الفلاحين بالمعلومات التى تعينهم على انتاج طعام أكثر بتكاليف أقل ، وفى الصناعة تستخدم الطاقة الذرية بمئات من الوسائل الجديدة لكى تصلك نواتج أفضل بضمن أقل . كذلك وصلت الطاقة الذرية الى البحر فى غواصة .

وفى الغد قد تضىء الطاقة الذرية منزلك ، وتدير تروس ساعة يدك ، وتساعدك بطرق مثيرة عديدة . وبالإضافة الى وقاية بلدك ، يمكن للطاقة الذرية أن تؤدى كثيرا من الأعمال .

ففى ٨ ديسمبر سنة ١٩٥٣ أعلن رئيس الولايات المتحدة برنامجا للتعاون الدولى فى ميدان التطبيق السلمى للطاقة الذرية ، وكان أس دعوته لهيئة الأمم المتحدة أن « الولايات المتحدة تعرض تصميمها على المساعدة على حل كارثة الخوف من الذرة — وإيجاد طريقة توجه بها مقدرة الانسان السحرية على الابتكار ، لا الى هلاكه وموته ، ولكن الى حياته وسعادته » .

وبرنامج الطاقة الذرية للولايات المتحدة أكبر صناعة على وجه الأرض — مادتها الأولية الحيوية هى اليورانيوم الشهير ، الذى يقوم الآن بالتنقيب عنه بعدادات جيجر كثير ممن كانوا يبحثون من قبل عن الذهب .

كيف تنقب عن اليورانيوم ؟

ولا شك في أن بعض اليورانيوم موجود على عتبة دارك ،
لأنه يوجد في كل مكان تقريبا من الأرض . فلو استطعت
ازالة الطبقة العليا من ميل مربع من الأرض حتى عمق
١٢ بوصة ، لاحتوى ذلك حوالي ثلاثة أطنان من اليورانيوم ،
وجراما واحدا من الراديوم .



وأحيانا يوجد اليورانيوم والراديوم وبعض المواد المشعة
الأخرى في الصخور وفي المسلح المستخدم في المباني . فحديثا
وجد رجل من فيلادلفيا أن حجرا من منزله أحدث دقات
في عداد جيغر ؛ كما وجد أن أحد أحجار نصب واشنطن
في مدينة واشنطن يتميز بأن له نشاط اشعاعي . ومع هذا
فكمية النشاط الاشعاعي في كل هذه الأحوال ليست خطيرة ،
وهي من الضالة بحيث لا تستحق الجهد اللازم لفصلها

أو جمعها . ولكن توجد في بعض المناطق صخور مثل الكارنوتيت والپتیشبلند تحوى كميات عالية من اليورانيوم بحيث يصبح استخراجها عمليا .

وتستطيع أن تشترك مع المنقبين الذين يجوبون الوديان ويصعدون الهضاب الشاهقة في ولايات كولورادو ، وأوتا ، ومكسيكو الجديدة ، والآريزونا باحثين عن ذلك الصخر الثمين أملا في الثراء . فمنذ أمد بعيد ، في عهود ما قبل التاريخ ، تركت صخور اليورانيوم آثارها الصفراء على الأحجار الرملية الحمراء في مجارى الأنهار والبحيرات . أما الآن فقد أصبحت تلك المنطقة واديا مرتفعا تنذر فيه المياه ، وتنتشر في أرضه خطوط أو جيوب من « الكارنوتيت » ذات اللون الأصفر الكنارى أو الأخضر الأغبر . ويتعاون مع الحكومة على استخراجها من هذا المكان أفراد وشركات للمناجم .



فلنفرض أنك وجدت طريقك الى وادى كولورادو ، باحثا عن اليورانيوم . فقد تستطيع تحديد موقع «الكارنوتيت» — وهو أحد الصخور الذى تحويه — بلونه بين الألوان البراقة فى المنطقة فيمكنك التأكد من ذلك « بعداد جيجر » ، حيث يدل الصوت الذى ينبعث منه ، وابرته التى تتذبذب على العداد ، على أنك قد لقيت حظك .

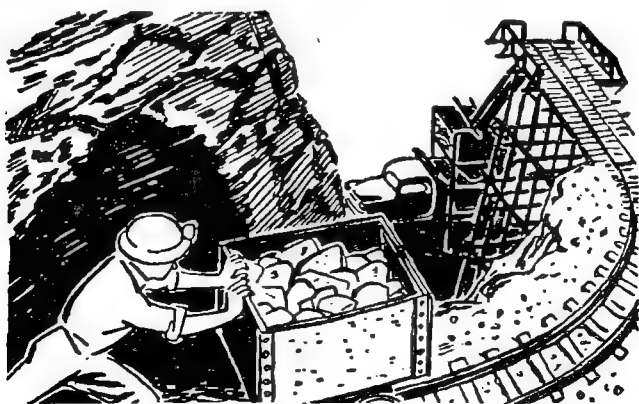
ويوما بعد يوم تترنج على طرق متربة حول الأحجار الضخمة وعلى جوانب الجبال . وفى الصباح الباكر ، قبل أن تزداد شدة الهواء عما يسمح بالطيران المنخفض ، « تقشط » طائرات حكومية صغيرة المنطقة ، باحثة عن بقع قد تكون غنية بذلك الصخر . وبها أجهزة تعرف باسم مقاييس التوهج ^(١) تقيس الاشعاعات المنبعثة من تلك الصخور ، وتعتبر عن كل منها بوميض من النور . ثم ترسل خريطة لكل منطقة تحدث وميضا فى ذلك الجهاز . وتعرض لجنة الطاقة الذرية تلك الخرائط ليستدل بها المنقبون .

وطوال سيرك على الصخور المتداعية تشعر بالحر والظما والتعب ، اذ أن التنقيب ليس عملا سهلا حتى ولو كانت معك الخرائط اللازمة . وقد تتعرض لضربة من الشمس أو لدغ من ثعبان ، ولكنك بشيء من الحظ والشجاعة قد تجد كنزا فى الأرض يغنيك ، وتزيد به موردا تحتاج اليه البلاد .

وفى المساء تعود الى «جراند چنكشن» التى كانت يوما ما قرية صغيرة ، فأصبحت آلات التنقيب الأليكترونية تباع اليوم فى مخازنها ، الى جوار المجارف والمساحى التى يستخدمها الفلاحون . وكان الخوخ محصولها الرئيسى ، فأصبح اليورانيوم اليوم مصدر دخل للسكان يزيد عنه ثلاث مرات .

وفى الصباح تبدأ رحلتك مرة أخرى مع غيرك من المنقبين ، فتلمح فوق الطرق المتربة سيارات الشحن التى تحمل الصخر ، بعد أن أتت به من المناجم التى تبدو على مرمى الحجر . ولكن السيارات تكون قد قطعت ثلاثين ميلا من الطرق الجبلية العميقة الملتوية قبل أن تصل الى ذلك المكان .

وتمر بمناجم ذات سراديب يعمل فيها الرجال بمطارقهم الحادة أو بمجارفهم الصغيرة لاجراج الصخر اللين - فى



حين أن في غيرها خنادق صغيرة في التلال يُستخرج منها كل يوم بضع أطنان من الحجر ، ولكن الصخور التي تخرجها تحوى معدنا ثميناً له قيمة الذهب .

وقد تنهادى على طول حافة الجبل ، وفجأة ترى لونا أصفر براقاً ينبىء عن مستقبل ذهبي ، وهناك يدق عداد جيحر ، فتسرع الى كنزك الدفين .

استخراج النيورانيوم وتنقيته

والآن يكون العمل قد بدأ فقط ، فيلزم أن يكون بمكان استخراج الصخر ماء يكفى لتشغيل آلات الحفر الثاقبة ، ويجب نقل المكابس الباردة من أميال بعيدة ، كما يجب فحص عينات من الصخور ، فاذا وجدت كميات كبيرة منها غنية بدرجة كافية ، تفصل عما يشوبها من طين وتراب . وتستخرج في بادئ الأمر من الجيوب المكشوفة ، ثم يلزم تتبعها في باطن الأرض كلما ازداد عمق الصخر الراسب . وتنقل الصخور بعد استخراجها لتباع الى أقرب محطة حكومية ، اذ لا يمكن أن تباع أو حتى أن تهب صخر لكأى شخص أو جهة أخرى . ولكنك على كل حال ستتمتع بالطريق الحكومي المرصوف الى المحطة ، كما يهملك وجود مشتر دائم لبضاعتك بضمن عادل .

ويوزن الصخر الوارد على سيارتك ، وتؤخذ منه

عينات ، وتختبر لمعرفة كمية اليورانيوم وغيره من المواد المعدنية الثمينة الموجودة به ، ويدفع لك الثمن بناء على ذلك. وتدفع الحكومة أيضا مبلغا لتغطية نفقات نقله الى مخزن الشراء ، واعانة لتغطية نفقات تحسين منجمك ، مع علاوة أخرى خاصة تمنح لك كصاحب منجم جديد .

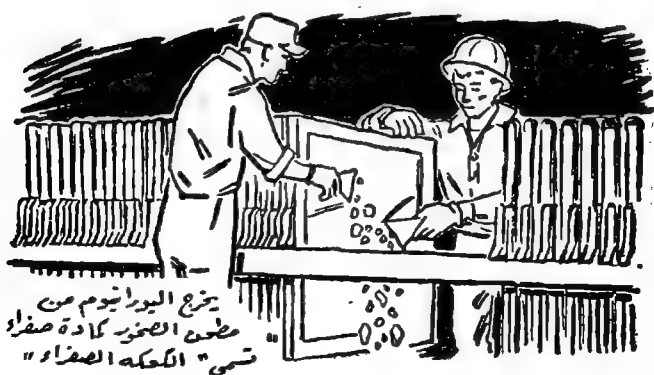


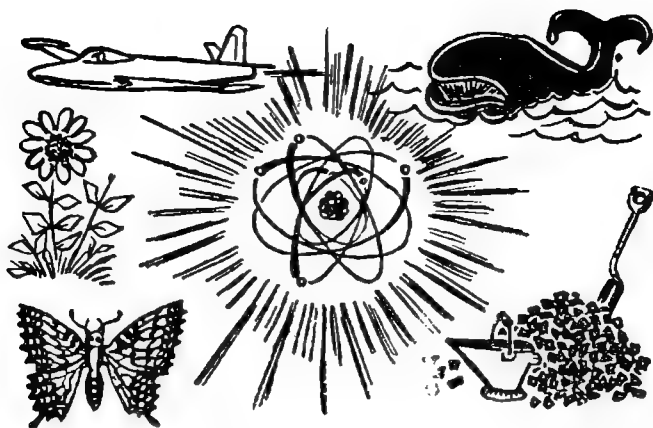
وسيحداث لصخر ك الشيء الكثير قبل أن تتحرر منه الطاقة الذرية . فيجب فصل الطين والحجر الرملي وغيرهما من الشوائب من معدن اليورانيوم نفسه الذى يتوزع خلال الصخر كله فى حبيبات تبلغ من الدقة حدّا يجعلها فى بعض الأحيان لا ترى الا بالمجهر . ثم يكسر الصخر فى المطاحن ثم يسحق وينخل ، ثم يحمّص ويغسل ويدخل فى عمليات أخرى حتى تقل كميته كثيرا ولكن تزداد نقاوته شيئا ما . فقد لا يتبقى من أطنان من الصخر الا بضعة أرتال لونها أصفر برّاق . ويلزم اجراء عمليات أخرى أكثر تعقيدا لانتاج

المسحوق الأسود الأغبر وهو أكسيد اليورانيوم . ثم يشحن هذا ، ويصب في طاحونة ، ينقى فيها ويحول الى ملح أخضر . هو مركب اليورانيوم مع الفلور . وبعد عمليات أخرى يصبح اليورانيوم معدنا نقيا براقا ثقيلًا ، فضيا أبيض اللون ، أطرى قليلا من الصلب .

وأكثره ليس من ذلك النوع من اليورانيوم الذى تتحطم ذراته وتتولد منها الطاقة . اذ لا يحوى اليورانيوم الطبيعى النقى الا جزءا صغيرا من اليورانيوم ٢٣٥ الذى تنطلق منه الطاقة .

فليست كل أنواع اليورانيوم متشابهة ، ولكنك لا تستطيع أن ترى الفرق بينها حتى ولو استطعت رؤية كل ذرة على انفراد — وسترى عما قريب السبب فى ذلك عندما تزداد معرفتك بالذرة فى الباب المقبل .



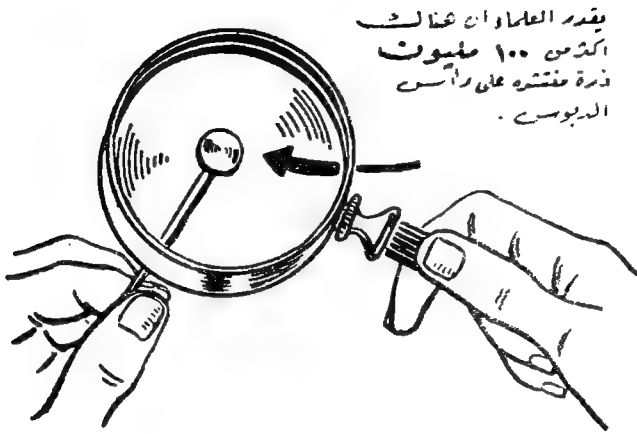


ماهى الطاقة الذرية

الذرة فى كل مكان

تفضل وخذ حفنة من الذرات — انك واجدها فى كل مكان حتى ولو قبضت على الهواء الموجود فعلا فى يدك ، ففي تلك الحفنة بلايين الذرات . فأنت تعيش فى عالم الذرات فمنها تتألف أجنحة الفراشات الهشة ، والصخور الصلدة فى الجبال ، ومنها يتكون الثلج الأبيض فى كتل الجليد ، واللمعان الأسود للفحم ، والأجنحة الفضية للطائرة النفاثة ، والقاع الأزرق للمحيطات . فكل شئ فى الأرض أو القمر أو الشمس أو فى أى من الكواكب الأخرى أو عليها مؤلف

من الذرات ، كما أنك وكل كائن آخر عبارة عن بلايين الذرات .



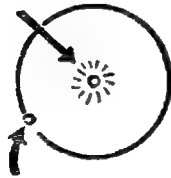
لو نظرت الى حفتك من الذرات ، لما استطعت رؤية ذرة واحدة منها ، مهما دقت النظر . فكل ذرة أصغر من أن ترى بأقوى مجهر . ولعلك تستطيع الاستعانة بما يلي في ادراك مدى دقة الذرات .

فاذا استطعت رصّ ذرات النحاس واحدة الى جانب الأخرى في صف واحد ، لاحتجت الى ١٠٠ مليون منها ليكون طولها بوصة واحدة .

ولو أصبح قطر كل ذرة في ثمرة النفاش (الليمون الهندي) بوصة واحدة ، لأصبح حجم النفاش (الليمون الهندي) كحجم الكرة الأرضية .

ولعلك تجد صعوبة في الاعتقاد بأن هناك شيئا يبلغ من الدقة ذلك الحد . ولكنك لست وحيدا في ذلك ، فالذرات تدهشنا جميعا حتى أعلم العلماء .

ذرة هيدروجين بسيطة تألف
نواتها من بروتون واحد

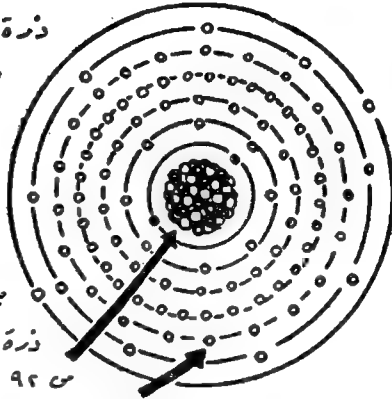


يدور حول البروتون واحد

ذرة يورانيوم ٢٣٥ تألف نواتها

من ٩٢ بروتون ١٤٣ نيوترون

مولها ٩٢ إلكترونات في مدارات مختلفة

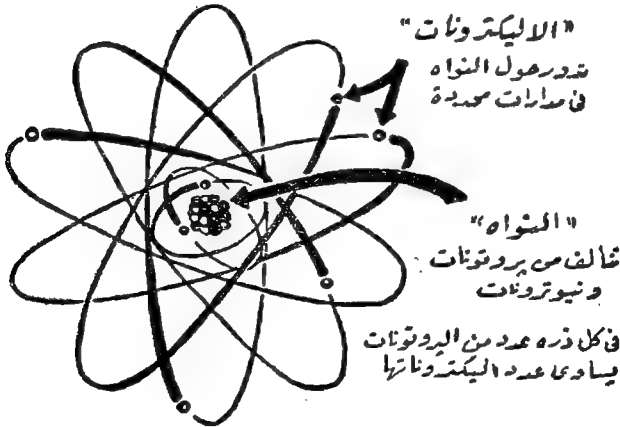


وليس لكل ذرة من الذرات التي تمسكها في يدك نفس الوزن . فقد تمكن العلماء بدراسة خصائص الذرات من مقارنة أوزانها ، وترتيبها في جدول يبدأ بأخفها وينتهي بأثقلها . فالهيدروجين الذي يستخدم في البالونات خفيف الذرات جدا ، ولليورانيوم — الذي اشتهر صخره في برنامج الطاقة الذرية — أثقل الذرات ، ولذلك تقع في نهاية جدول الذرات الموجودة في الطبيعة . وان كان رجال العلم قد صنعوا ذرات أخرى أثقل من اليورانيوم ، فتأتى بعده في ذلك الجدول .

تركيب الذرة

ويعصور العلماء الذرات برسوم كالتى تظهر فى هذا الباب ، بناء على معلوماتهم عن خصائصها .

فاذا استطعت رؤية ذرة واحدة من الذرات التى تمسكها فى يدك ، فماذا عساك أن ترى ؟ تخيل أنك تستطيع تكبير ذرة واحدة حتى تصبح فى حجم حجرة كبيرة ، فستجد أنها خالية تقريبا ، تكمن فى وسطها كتلة صغيرة فى حجم الذبابة : هى « النواة » ، وهى جزء الذرة الذى تتحرر منه الطاقة الذرية ، وهى الجزء الذى يمكن أن يعطى الطاقة اللازمة اما لتسيير الغواصات ، وضاءة المنازل ، أو لاهلاك العالم .



وكمية الطاقة التى تنتج من تحطيم نواة ذرة واحدة

صغيرة جدا ، ولكن الانسان تعلم كيفية تحطيم نويات
بلايين الذرات والحصول على طاقتها جميعا .

أنظر مرة أخرى الى ذرتك التى تخيلتها فى حجم الغرفة .
فاذا نظرت بدقة الى أجزائها الخارجية ، لرأيت كتلا دقيقة
من المادة تسرى وتدور حول النواة ، تماما كما تدور
الكواكب حول الشمس . وهذه الجسيمات الدقيقة هى
« الأليكترونات » . وهى أجزاء من الذرة تدخل فى آلاف
من التغيرات اليومية مثل اشتعال عود الثقاب ، وخبز الكعكة
وهضم الطعام ، والنمو . كما ان بلايين الأليكترونات التى
تنفصل عن ذراتها هى التى تمدك بالكهرباء كل يوم .

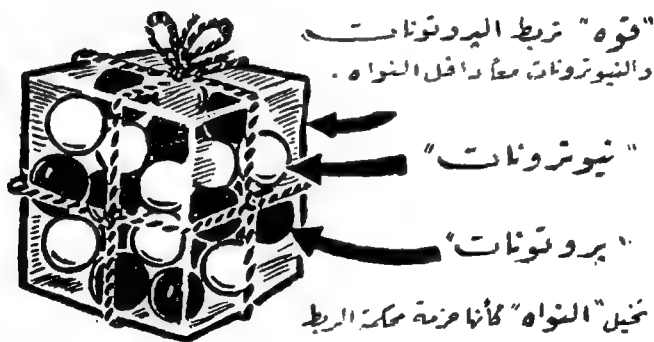
ويتوقف عدد الأليكترونات التى تدور فى أفلاكها حول
كل ذرة على نوع الذرة نفسها . فاذا نظرت الى ذرة يورانيوم
لوجدت ٩٢ اليكترونا تدور فى مدارات حول النواة —
ولكل عنصر عدد مختلف من الأليكترونات ، ولكن ذرات
نفس العنصر لها جميعا نفس العدد ، فجميع ذرات اليورانيوم
مثلا ٩٢ اليكترونا .

تركيب النواة

واذا استطعت النظر عن قرب لنواة ذرتك التى تخيلتها
فى حجم الغرفة ، لرأيتهأ أشبه بلفافة مضغوطة مكونة من
أجزاء أصغر . ففيها حوالى عشرين نوعا من الجسيمات

المختلفة ، ولكن أشهرها اثنتان ، احدهما « البروتون » .
ففى كل ذرة عدد من البروتونات فى نواتها يعادل عدد
الإلكترونات التى تدور حولها ، وفى أى نوع من الذرات
بروتون واحد أو أكثر .

والنوع الثانى الهام من الجسيمات الموجودة فى نويات
الذرات هو « النيوترون » . وهو جسيم متعادل ، ليست
له أية شحنة كهربائية ، وهو مرتبط بالبروتون فى نواة
الذرة . وتوجد نيوترونات فى كل أنواع الذرة ، ما عدا
ذرة الهيدروجين .



فالآن تعرف ثلاثا من الجسيمات الشهيرة التى تتألف
منها الذرات :

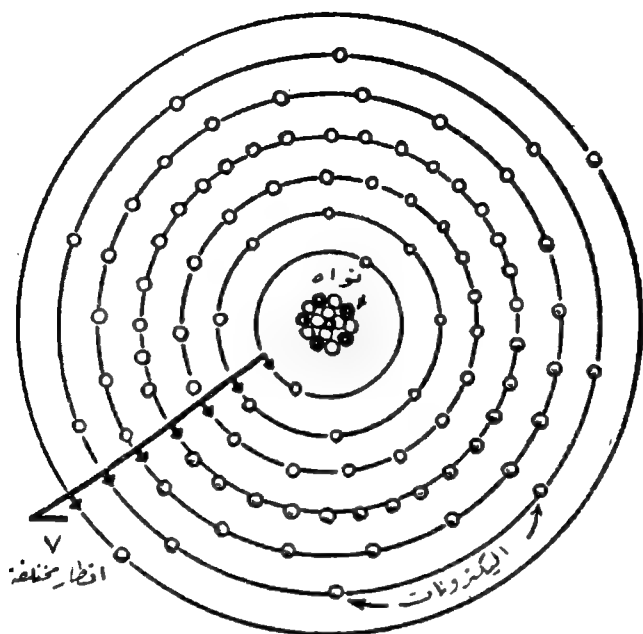
(١) الاليكترونات ، (٢) البروتونات ، (٣) النيوترونات .
وتعرف أن الذرات تتألف من النويات التى تدور حولها

الاليكترونات . وتعرف كذلك أنه يجب فلق نويات الذرات
لتحرير الطاقة الذرية .

تخطيط الذرة

لذلك يمكن تشبيه نواة الذرة بحزمة مكدسة تكديسا
شديدا . وتتكدس نويات بعض الذرات بدرجة أكثر من
الأخرى ، فقد تتكدس مجموعة معينة من الجسيمات الذرية
معا بطريقة أفضل من بعض المجموعات الأخرى . وعلى ذلك
فمن المؤكد أن بعض النويات الذرية تنشط عن بعضها بسرعة
أكبر من غيرها . كما أن هناك أنواعا تنفجر فجأة من تلقاء
نفسها ، وتعرف أمثال هذه الذرات باسم الذرات المشعة .

وعندما تتحطم الذرات ذوات النشاط الاشعاعى من تلقاء
نفسها ، أو عندما يحطم الانسان الذرات الأخرى ، تنطلق
بعض الطاقة التى كانت مكدسة داخل النويات ، وتتخذ شكل
الحرارة والاشعاع . وهذه الطاقة هى الطاقة الذرية .

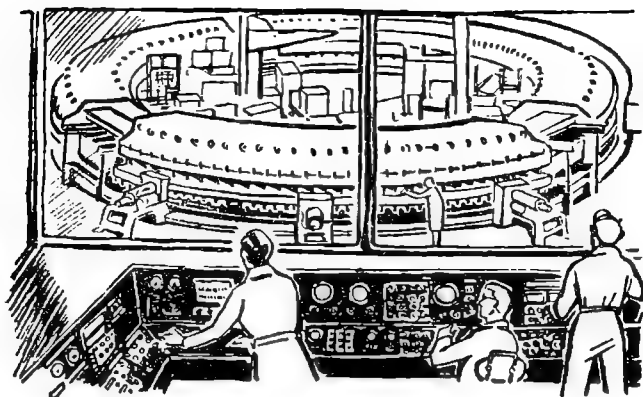


ماذا تعني ذرة يورانيوم ٢٣٥ ؟

تتألف ذرة يورانيوم ٢٣٥ من "نواة" مؤلفة من ٩٢ "بروتونات"،
 ١٤٣ "نيوترونات"، يدور حول هذه النواة في مدارات مختلفة الاقطار
 عدد "الالكترونات" يساوي عدد البروتونات الموجودة في النواة (٩٢)

"٢٣٥" هو الوزن الذري لهذه الذرة ما أن

٩٢	عدد البروتونات
١٤٣	عدد النيوترونات
٢٣٥	الوزن الذري



تخطيط الذرة

النشاط الاشعاعى

تتولد الطاقة الذرية عادة من انشطار الذرات ، كما أنها تنتج أيضا من العملية العكسية : اندماج الذرات . فقبل أن يتعلم الناس تكسير نويات بلايين الذرات بقصد انتاج كميات من الطاقة الذرية بوقت طويل ، نجدهم مارسوا تكسيرها فى محطات الذرة ، فاکتشفوا بذلك التخطيط — وما زالوا يكتشفون — الكثير من أسرار التركيب الداخلى للذرة . وحتى قبل محطات الذرة بكثير ، كانت نويات بعض ذرات الأرض تنفلق من تلقاء نفسها ، اذ كانت بعض الذرات ذوات النشاط الاشعاعى تتكسر دائما فى عملية ظلت مستمرة

منذ بداية الزمن . وعلى ذلك فالواقع أن الطاقة الذرية والنشاط الاشعاعى ليسا من الظواهر الجديدة .

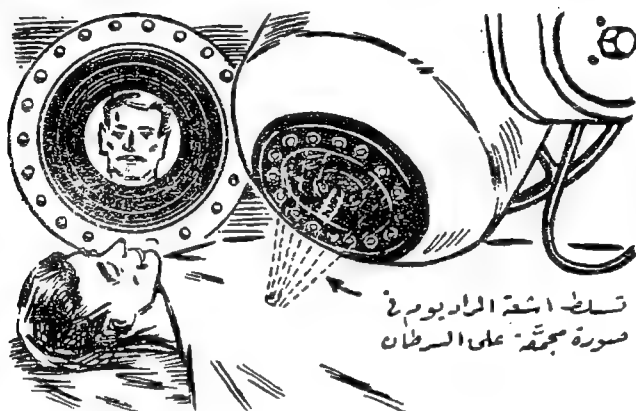
والذرات ذوات النشاط الاشعاعى موجودة أمامك كل يوم : فبعض ذرات عظامك تنفجر فى جميع الأوقات ، لأنها تحوى بعض ذرات النسفور المشع — كذلك تجد دائما فى التربة التى تطوّها بأقدامك ، وفى الهواء الذى تتنفس ، وفى الماء الذى تشرب ذرات ذات نشاط اشعاعى . كما أن الميل المربع الواحد من الأرض الى عمق قدم واحد يحوى فى المتوسط جراما واحدا من الراديوم ، وثلاثة أطنان من اليورانيوم . وقد عاش الانسان وسط هذه الكمية من الاشعاعات منذ بدء ظهوره على الأرض .

الراديوم

وتستخدم كميات دقيقة من الراديوم لطلاء عقارب الساعات وأرقامها . فاذا عوّدت عينيك على الظلام ونظرت



الى ساعة من تلك بعدسة مكبرة ، لاستطعت رؤية نقط دقيقة منفصلة من النور . ويرجع ذلك الى اصطدام بعض جسيمات من ذرات الراديوم بما حولها من ذرات المواد الموجودة في الظلاء فتجعلها تتوهج . فهكذا لا يمكنك رؤية الجسيمات نفسها ، وانما تستطيع أن ترى العمل الذي تؤديه .



وانك لن تستطيع امساك حفنة من ذرات الراديوم دون أن يمسك أذى، لأنه يسبب حروقا شديدة . أما اذا ما اتخذت الاحتياطات الكافية ، فيمكن استخدام كميات كبيرة من اشعاعات الراديوم ضد السرطان . فمثلا نجد بمستشفى روزفلت بمدينة نيويورك حجرة تحت الأرض يراقب فيها الأطباء مريضا خلال نافذة زجاجية مملوءة بالماء سمكها قدمان ، تقيهم من أشعة الراديوم الذي يستخدم في علاج

الخلايا السرطانية العميقة داخل جسم المريض . كما توجد وسائل خاصة للأمان تمنع بدء عمل الراديوم الا بعد أن يغادر كل شخص ما عدا المريض الغرفة من بابها الكهربائي ثم يبدأ العلاج ، وتوجه الأشعة من ٢٥ قرصا من الراديوم الى الأنسجة المريضة . وتزن هذه الأقراص معا ٥٠ جراما فقط ، ومع هذا فثمنها مليون دولار .

وكمية الراديوم الموجودة في مستشفى روزفلت أكبر كمية موجودة في أمريكا ، اذ لا يستطيع كثير من المستشفيات شراء أكثر من حبة صغيرة ، ومع هذا فحتى أصغر الكميات تعتبر عونا كبيرا في الحرب ضد السرطان .

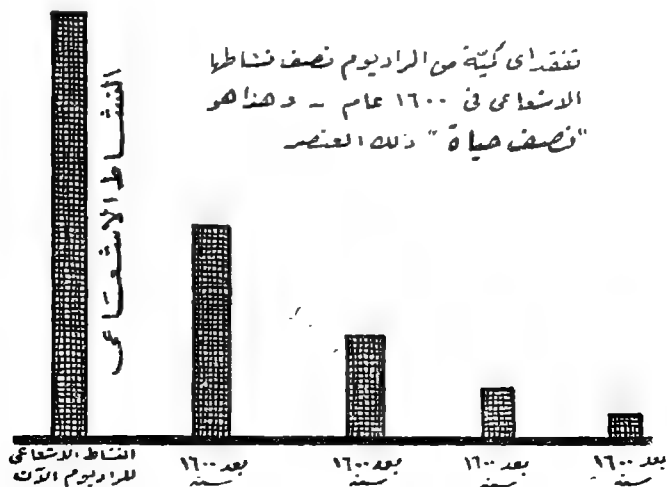
وعادة يحتفظ بكمية ضئيلة من الراديوم في أنبوبة زجاجية في خازنة المستشفى . وتحاط تلك الأنبوبة بأغلفة من النحاس الأحمر والرصاص لحماية المشتغلين بها من الأشعة التي تنبعث من الراديوم باستمرار .

وقبل أن تعلم جيدا آثار الطاقة الذرية المنبعثة من الراديوم كما هي معروفة اليوم ، حدثت مأساة في مصنع للساعات بنيوچرسي ، كانت عاملاته يقمن بطلاء عقارب ساعات اليد بالراديوم بواسطة فرش دقيقة مدببة ، فعمدت بعضهن الى بلّ أطراف الفرش بشفاههن لتبقى مدببة . فبمضى الزمن أصبحت تلك الجسيمات الدقيقة من الراديوم التي ابتلعنها جزءا من عظامهن . وبعد بضع سنوات ماتت

بعضهن متسمات بالراديوم . واحتفظ ببعض العظام المصابة لتكون موضوع دراسة تفصيلية في المعامل .

وحتى اليوم يحدث « عداد جيجر » صوتا اذا ما قرب من احدى تلك العظام ، لأن ذرات الراديوم تتكسر خلال فترة طويلة من الزمن . اذ لا يتحول الا نصف ذلك الراديوم الذى ترسب في عظام أولئك النساء الى ذرات جديدة خلال فترة ١٦٠٠ عاما . وبمعنى آخر لا تتكسر الا نصف ذرات أى كمية من الراديوم خلال ١٦٠٠ عاما . وتسمى هذه الفترة « نصف حياة » أو أمد ائتصاف الراديوم ، ثم يتكسر نصف ما بقى من ذرات خلال الألف وستمئة عام التالية ، وهكذا .

ولا يمكن تغيير هذه السرعة التى يتكسر بها الراديوم ، فليس للتيارات الكهربائية القوية ، ولا للحرارة ولا البرودة ،



ولا للأحماض القوية ، ولا حتى للأشعة السينية أى أثر على عدد الذرات التى تتكسر فى أى وقت محدد . فالراديوم لا يمكن استعجاله .

وعندما تتكسر ذرة من الراديوم ، تتكون منها عناصر جديدة ذات نشاط اشعاعى ، ولكنها تحوى كمية من الطاقة أقل مما يحويه الراديوم . وكلما انبعثت من نويات تلك الذرات الجديدة جسيمات أخرى ، تحررت طاقة جديدة ، وتكونت عناصر أخرى ذات نشاط اشعاعى . وبالتدريج تتكسر الذرات طبقا لبرنامج ثابت الى عناصر أخف وأخف ، وأثناء ذلك تنبعث اشعاعات وجسيمات صغيرة كانت فيما قبل جزءا من نوياتها . وبعد سلسلة طويلة من تلك الانفجارات ، تتكون فى النهاية ذرات الرصاص الثابتة غير المشعة .

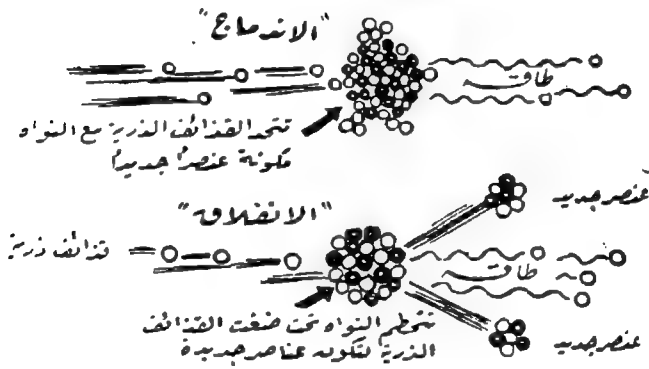
واليورانيوم أشبه ما يكون برب أسرة ، خامس أحفادها الراديوم ، وآخر فروعها الرصاص . وكمية الطاقة الناتجة من عملية تولد الاشعاعات من الراديوم فى الطبيعة ضئيلة اذا ما قورنت بما حرره رجال العلم بتحطيم الذرات فى العهد الحديث .

كيف تتحطم الذرة ؟

قد تحاول تكسير الذرات بطرقها — ولكن لك أن تستمر فى دقها بكل ما أوتيت من قوة الى الأبد ، دون أن تنجح فى

ما كان بها من بروتونات ونيوترونات و طاقة . وعلى هذا فليس تحطيم الذرة كتهشيم لوح من الزجاج .

فعندما تتحد الجسيمات الذرية ، تعرف العملية باسم « الاندماج » - كالشمس تنتج طاقتها نظرا للاندماج الذى يحدث بين بعض ذراتها . كذلك تنتج انفجارات القنابل الهيدروجينية من الاندماج .

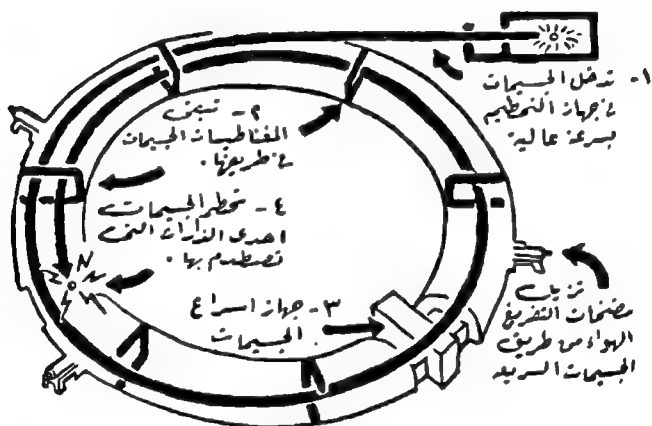


أما اذا كسرت نويات الذرات ، عرفت العملية باسم « الانشطار » . ويمكن أن تسبب الطاقة المتحررة من الانشطار تدميرا كبيرا كما فى القنبلة الذرية ، كما يمكنها أن تؤدي أفعالا عجيبة مما سيوصف فيما بعد فى هذا الكتاب .

محطمت الذرة

و « محطمت الذرة » آلات كبيرة تحدث اندماجا أو انفلاقا ذريا بدرجة صغيرة ، ويستخدمها العلماء فى زيادة

معرفتهم بالجسيمات الصغيرة التى تتألف منها المادة . وهناك أنواع متعددة من محطات الذرة تعرف جميعا بأسماء معقدة مثل « مولدات فان دجراف » ، « كوزموترون » ، « سيكلوترون » ، « بيتاترون » ، « ييفاترون » . وكل محطات الذرة ، يطلق عليها العلماء اسم « مسرعات الجسيمات » ، وهى مرتفعة الأثمان ، يتكلف بناؤها ملايين الدولارات .



كيف يعمل جهاز تحطيم الذرة ؟

ويمكنك أن تتصور محطات الذرة أو مسرعات الجسيمات هذه كحلبات للتصويب الذرى ، الأهداف فيها هى الذرات المطلوب تحطيمها ، والقذائف جسيمات من ذرات أخرى — كالبروتونات أو النيوترونات أو الأليكترونات .

ورغم أن الجانب الأكبر من كل ذرة مساحة فضاء ، فإن عددا كافيا من تلك الجسيمات يصيب أهدافه ، وينضم الى نويات كثير من الذرات ، أو يفصل عنها بعض أجزائها . وهذه الانفجارات الذرية التى تحدث فى محطات الذرة انفجارات صامتة . فالعملية كلها هادئة ساكنة جدا ، لا يشوبها الا صوت جرس للتحذير أو أزيز محرك من المحركات . ولا يمكن لأحد أن يرى القذائف الذرية ولا الجسيمات الذرية التى تطير من الأهداف . وتقيس «عدادات جيجر» وآلات أخرى وتزن الجسيمات التى لا ترى والتى قد لا تعيش الا جزءا من الثانية فقط ، كما تسجل «غرف السحاب» بما يتبعها من آلات تصوير تلقائية طرق سيرها . وبمثل هذه الوسائل يكتشف رجال العلم الكثير عن تلك الذرات المدهشة التى يتألف منها العالم .

ولا يزال هناك الكثير مما لم يكتشف بعد عن تلك الجسيمات الضئيلة . وستتضح أمور مدهشة كثيرة ، عندما يصبح شباب اليوم علماء الغد . وستراجع بعض النظريات ، لأن فكرة الانسان عن الحقيقة تتغير كلما ازداد علمه عن القوى التى تسيطر على العالم .

المادة الى طاقة وبالعكس

وثبتت الآن صحة بعض الأفكار التى اعتقدها الانسان عن الذرات منذ سنين عديدة . ففى عام ١٩٠٥ ، اقترح

« أينشتين » أنه يمكن تحويل المادة الى طاقة والطاقة الى مادة ، وها قد أكدت التجارب العملية اليوم صدق نظريته فعلا .

فلو أمكن وزن كل أجزاء الذرة المتفجرة ، لكان مجموع أوزانها أقل من وزن الذرة الأصلية بقليل . ففي الحساب الذرى تزن الأجزاء المتكونة أقل من الأصل ، وذلك لأن جزءا من المادة تلاشى وظهر فى صورة طاقة ذرية .

أما تحويل الطاقة الى مادة فيحدث عندما تضاف الطاقة الكهربائية الى الجسيمات أثناء اعدادها كقذائف لاصابة أهدافها فى محطمت الذرة . ففي أحد أنواع محطمت الذرة يزداد وزن الاليكترونات ألف مرة ، نتيجة للكمية الهائلة من الطاقة التى تعطى لها لتزيد سرعتها حتى تقارب سرعة الضوء ، قبل أن ترسل لتحطم أهدافها . ولكى تصل هذه



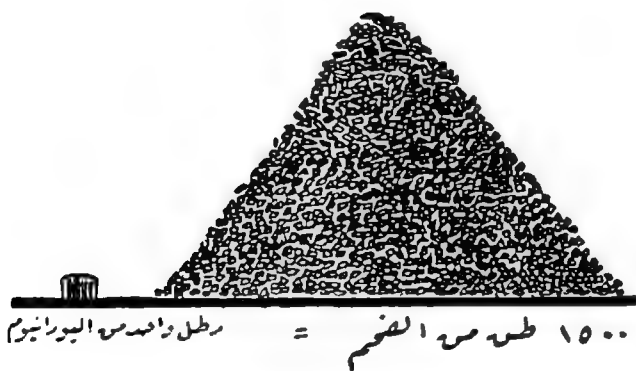
تحويل المادة الى طاقة
لديها وزن أجزاء الذرة المتفجرة
أ ب ج وزن الذرة قبل التفجير
يحول الفضة الى طاقة

تحويل الطاقة الى مادة

أ ب ج
يصبح وزن الجسيمات المرعة أ ب ج ، أقدم وزنها
قبل تفجيرها بالطاقة ١٠٠٠ مرة



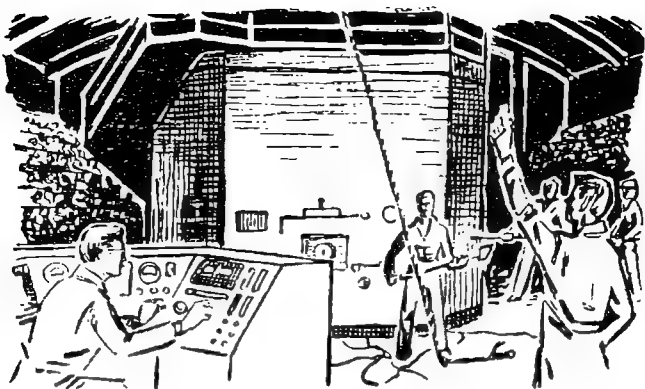
القذائف الذرية الى تلك السرعة العالية ، فانها تسرى مسافات طويلة داخل المحطم . ففي أحد « البيثاترونات » تسرى الجسيمات ٣٠٠٠٠٠ ميل في طريق دائرى تحت تأثير مغناطيس غاية في القوة ، وفي كل مرة تسرع القذيفة حول الدائرة ، تزداد سرعتها بنوع من الدفع الكهربائى . وفي كل مرة يتحول جزء من الطاقة الى مادة ، فيزداد ثقل الالكترون وبذلك استطاع الانسان اليوم أن يحول الطاقة الى مادة أيضا .



عندما يحترق طن من الفحم ، فانه يفقد جزءا صغيرا من وزنه ، حتى ولو جمع كل وزن الرماد والغاز المتكون ، ولكن الفرق يبلغ من الضآلة حداً يصعب معه قياسه . ونظرا لضآلة الوزن المفقود نتيجة للتغيرات الكيماوية — أى عندما لا تنفلق النواة — ساد الاعتقاد سنين عديدة بأنه لم يحدث

أى تغير فى الوزن على الإطلاق . وهذا مثل واحد فقط من أمثلة عديدة لزم تغير النظريات فيها عند الحصول على معلومات جديدة .

ومنذ بداية العالم ومادة الراديوم تتحول الى طاقة من تلقاء نفسها باستمرار . أما اليورانيوم فهو المصدر الرئيسى للطاقة الذرية التى أمكن للانسان السيطرة عليها . ولكن حتى فى حالة اليورانيوم ، لم تتحرر كل الطاقة المخزنة فى نواياه . فبفلق ذرات اليورانيوم لم يحرر الانسان من الطاقة الا ما يعادل حوالى جزء من ألف من مادة الذرات . أما لو أمكن تحويل رطل من اليورانيوم كله الى طاقة ، فان الطاقة المتكونة تعادل ما يتكون عن حرق ١٥٠٠ طنا من الفحم . وعندما يتعلم الانسان من دراساته فى محطات الذرة أسراراً ذرية أكثر ، فانه سيعلم كيف يسخر كميات أكبر من الطاقة من كل ذرة فى ما تصلح له من أعمال .



« القرن الغامض »

شفرة

لو سمعت محادثة تليفونية كالمحادثة التالية ، فهل كنت تفهم معناها ؟

— « رسا البحار الايطالى فى العالم الجديد » .

— « وكيف كان الأهالى ؟ » .

— « أصدقاء جدا » .

وهى محادثة تمت فعلا فى ديسمبر سنة ١٩٤٢ لاعلان نجاح أول قرن ذرى ، وكانت تلك هى المرة الأولى التى حرر فيها الانسان الطاقة من الذرات وسيطر عليها ، وكانت أول

مرة يحطم فيها الانسان الذرات على نطاق كبير ، ويسيطر فيها على التحطيم ، يبدوه أو يوقعه حينما يشاء .

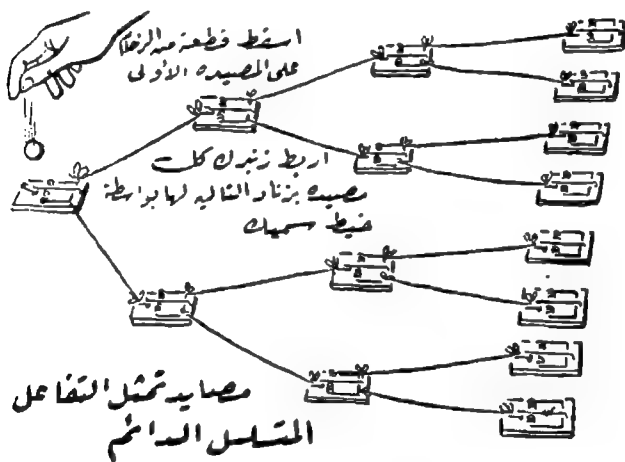
وقد كانت الولايات المتحدة فى حالة حرب عندما تم هذا الحدث الهام ، ولذلك لم يدع أى بيان على الجمهور . وبدلاً عن ذلك انتقلت الأنباء بهذه الشفرة من شيكاغو الى واشنطن . وبعد أن تقرأ القصة التالية عن أول فرن ذرى ، تستطيع فهم الغاز هذه الشفرة .

الفرن الذرى

والفرن الذرى جهاز لخلق نويات الذرات . وقد ابتكر أولها سرا قرب ملاعب كرة القدم فى ملعب « ستاج » بشيكاغو بمقاطعة « الينوى » . فهناك ، على جزء من الملاعب غير المستعملة ، ظل بعض العلماء فى معاملهم يحاولون الاجابة على سؤال معين هو « هل يمكن أن يؤدى فلق ذرة اليورانيوم الى تحرير نيوترونات ، تؤدى بدورها الى فلق ذرات أكثر ، وهكذا ، بحيث يكون التفاعل سلسلة متصلة الحلقات ؟ » .

ولتقريب المقصود « بالتفاعل المتسلسل » المتصل الى الأذهان ، تستخدم مصايد الفيران . فاذا رتبت عدة مصايد فيران على منضدة كما فى الصورة ، وربطت زنبرك كل منها بزناد الأخرى ، ثم أسقطت قطعة من الرخام على زناد أولاهما ، فان هذا يؤدى الى تحريك زنبركاتهما جميعا فتفتح كل المصايد .

فبالمثل يمكن تشبيه النيوترون بقطعة الرخام . والمعروف أن بعض ذرات اليورانيوم تتحطم تلقائيا باستمرار ، بحيث توجد دائما بعض النيوترونات الطليقة . فاذا جمعت كمية كافية من اليورانيوم مع بعضها ، فإن تلك النيوترونات الحرة من بعض الذرات قد تصدم نويات ذرات أخرى ، فتتفلق بدورها ، فتزداد النيوترونات ، وهذه قد تفلق ذرات أكثر ، وهكذا ، مكونة سلسلة من الذرات المحطمة . فلو أمكن حدوث ذلك عمليا ، لتحررت كميات ضخمة من الطاقة .



قصة أول فرن ذرى

تصور مدى قلق المشتركين في مثل هذه التجربة الخطيرة لدى ذهابهم الى العمل كل يوم ! فلم يكن أحدهم يدرى ماذا عساه أن يحدث . ولكن « انريكو فيرمي » العالم

الايطالى المشرف على المشروع ومن كان يعمل معه من زملائه من كبار العلماء كانوا متأكدين تقريبا من أن التفاعل المتسلسل يمكن بدؤه .

وبدأ بناء « القرن » بطبقة من كتل الجرافيت تشبه قوالب الطوب . والجرافيت نوع من الفحم يستخدم فى صنع أقلام الرصاص . وفائدته فى الأفران تنظيم سرعة سريان النيوترونات ، وبذلك يزداد عدد الذرات التى تتمكن تلك النيوترونات من تحطيمها .



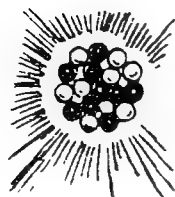
وفوق هذه الطبقة وضعت طبقة أخرى من الجرافيت دفن فيها اليورانيوم وأكسيد اليورانيوم بشكل ملائم . ولم يكن اليورانيوم كله من النوع الذى يمكن فلقه بالنيوترونات العابرة ، لأن اليورانيوم الطبيعى عبارة عن

خليط من ثلاثة أنواع تعرف باسم يورانيوم ٢٣٤ و يورانيوم ٢٣٥ و يورانيوم ٢٣٨ — وهذه كلها نظائر أو توائم كيميائية ، لها نفس الخواص الكيميائية ، ولكن أوزانها الذرية مختلفة . « فالنظائر » أشكال مختلفة لنفس العنصر ، تختلف في الوزن نظرا لوجود نيوترونات أكثر أو أقل في نوياتها . فهي تحوى نفس العدد من البروتونات ، ولا تختلف الا في عدد النيوترونات فقط .

ولا يوجد اليورانيوم ٢٣٤ الا بكميات ضئيلة جدا فهو قليل الأهمية . أما اليورانيوم ٢٣٥ فهو الذى يمكن فلق ذراته بواسطة قذائف النيوترونات ، ويوجد بكميات أقل بكثير من اليورانيوم ٢٣٨ ، لأن في كل ١٠٠٠ ذرة توجد حوالى ٧ ذرات فقط من اليورانيوم ٢٣٥ . وبمعنى آخر توجد ذرة واحدة من اليورانيوم ٢٣٥ لكل ١٣٩ ذرة من اليورانيوم ٢٣٨ . ولما كانت النظائر كلها موجودة في الطبيعة ، ويصعب فصلها ، فكل الأشكال الثلاثة كانت موجودة معا في أول قرن ذرى .

ووضعت طبقة فوق طبقة ، بحيث تتبادل طبقة قوالب الجرافيت المخلوط باليورانيوم مع طبقة الجرافيت النقى — وأشرف على العمل مجموعتان من رجال العلم يعملون في نوبات عملا متواصلا ليلا ونهارا في الكشف عن الاشعاعات وقياسها . وبالتدريج ارتفع بناء القرن .

يورانيوم ٢٣٥



$$\begin{array}{r} 92 \text{ بروتون} \\ 143 \text{ نيوترون} \\ \hline 235 \end{array}$$

يورانيوم ٢٣٨

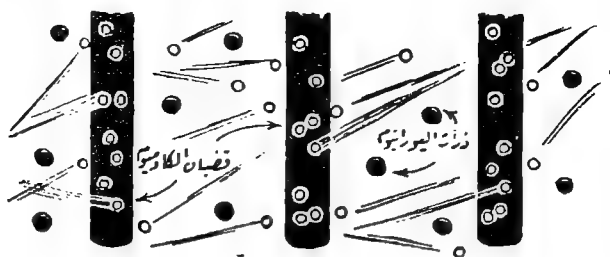


$$\begin{array}{r} 92 \text{ بروتون} \\ 146 \text{ نيوترون} \\ \hline 238 \end{array}$$

وبالرغم من أن أحدا لم يعلم بالدقة كمية اليورانيوم اللازمة ، أو ارتفاع الكوم اللازم لكي يعمل القرن باستمرار كان من الضروري البحث عن طريقة لايقاف التفاعل المتسلسل عند الخطر . فقد دلت التجارب التي أجريت من قبل على أنه عندما يصطدم النيوترون بنواة يورانيوم ، تتحول بعض مادة الذرات الى طاقة ، تظهر بعضها في صورة حرارة ، والبعض في صورة أشعة فتاكة لا يمكن رؤيتها أو الاحساس بها أو شمها أو سماعها أو تذوقها . وهذا مما زاد من خطورة التجربة ، وضاغف من ضرورة الوقاية من الاشعاعات ، والسيطرة على عمل القرن . ومن أجل ذلك استخدمت ثلاثة قضبان من الكادميوم ، لأنها المادة التي تمتص النيوترونات . فعند ادخالها في القرن تمتص النيوترونات الطليقة فتكسر حلقات سلسلة التفاعل ، ويوقف نشاط القرن تقريبا .

وكان أحد تلك القضبان أوتوماتيكيا يشغله محرك ، ويدفعه الى الداخل عندما تصل الاشعاعات حدا معيناً . وكان

يتمنص الكادميوم النيوترونات الطليقة بدلاً من اصطدامها بذرات اليورانيوم

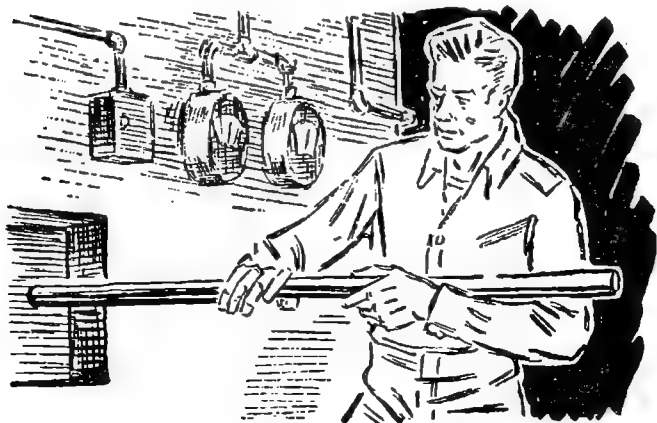


الثاني يعمل بواسطة جبل وبكرة ، فيقطع الجبل بواسطة فأس عندما يلزم ادخال ذلك القضيب لايقاف التفاعل ، ولذلك أطلق العمال عليه اسم « السوستة » لأنه يرجع من تلقاء نفسه الى مكانه عند قطع جبله بالفأس . أما القضيب الثالث فيمكن للمشرف عليه ادخاله في مكانه واخراجه منه بنفسه .

ولا يلزم لذلك الفرن الساكت عديم اللهب أى بادىء لتشغيله ، ولا اشعال لوقوده ، ولا ثقاب لبدء حركة التفاعل المتصل فيه . اذ أن سلسلة التفاعلات تبدأ عندما يتجمع من اليورانيوم ما يكفي لوجود نيوترون واحد طليق على الأقل من كل ذرة من ذرات اليورانيوم ٢٣٥ لتصيب نواة أخرى من يورانيوم ٢٣٥ . ولكن كيف نعلم أن الفرن قد بدأ العمل؟ كيف نعلم أن النيوترونات الطليقة بدأت تصطدم بذرات اليورانيوم وتفلقها بسرعة متزايدة ؟ لمعرفة ذلك بنيت آلات لعد النيوترونات داخل الفرن ، لتعلن عن كمية النشاط الاشعاعى بأصواتها وحركات العقارب على عداداتها .

بدأ العمل في ذلك القرن في نوفمبر سنة ١٩٤٢ ، وما أن كان أول ديسمبر سنة ١٩٤٢ الا وكانت التجارب العادية قد دلت على أن سلسلة التفاعلات تبدأ اذا ما أزيلت قضبان الكادميوم في اليوم التالي . ولذلك كان « بحارة » المعمل على جانب كبير من التيقظ والاستعداد في الصباح الباكر من يوم ٢ ديسمبر سنة ١٩٤٢ . فوقف واحد منهم ومعه فأسه الى جوار حبل القضيب الثاني . وكان آخر مستعدا لاجراء القضيب الثالث . وبناء على أوامر « فيرمي » أخرج القضيب الأول أوتوماتيكيا بواسطة المحرك ، ثم نزع الثاني بقطع حبله ، وأخرج الثالث ببطء بوصة بعد بوصة . فسمعت أصوات الآلات ، ودلت المقاييس على أن القرن يعج بالاشعاعات .

وراقب هذه الاختبارات طوال الصباح حوالى أربعون



شخصا بقلق متزايد . ثم سمح لهم « فيرمي » بفترة للمغداء لأنه علم بحاجتهم الى الراحة ، ثم استمر يجرى تجارب أخرى بعد رجوعهم . وعندما أزيلت القضبان اصطدمت قذائف النيوترونات بالذرات المجاورة ، تفلقتها لتنتج ذرات أصغر واشعاعات وجسيمات ذرية ، من بينها نيوترونات تكفى لفلق ذرات جديدة أكثر فأكثر . وما أن كانت الساعة ٣ر٢٥ بعد الظهر حتى أعلن أزيز العدادات ، وتحرك ابرها المتأرجحة بسرعة عن أول تفاعل متسلسل ، واستمر القرن يفلق الذرات مدة ٢٨ دقيقة . ثم أمر « فيرمي » بإعادة ادخال القضبان الثلاثة في أماكنها داخل القرن حتى يعترض الكادميوم طريق قذائف النيوترونات التى كانت تطير فى القرن بسرعة ١٠ر٠٠٠ ميل فى الثانية . فاصطدم كثير منها بالكادميوم وامتصت فيه ، فأوقف التفاعل المتسلسل ولم تعد كميات خطيرة من الحرارة والاشعاعات تتولد فى القرن الساكت .

ورغم أن كمية الطاقة المتولدة من أول عملية للقرن الذرى كانت أقل من الكمية اللازمة لإضاءة مصباح كهربائى صغير ، فقد كانت هذه العملية التاريخية غاية فى الأهمية ، كما كانت أهم خطوة فى بداية البرنامج الذرى كله .

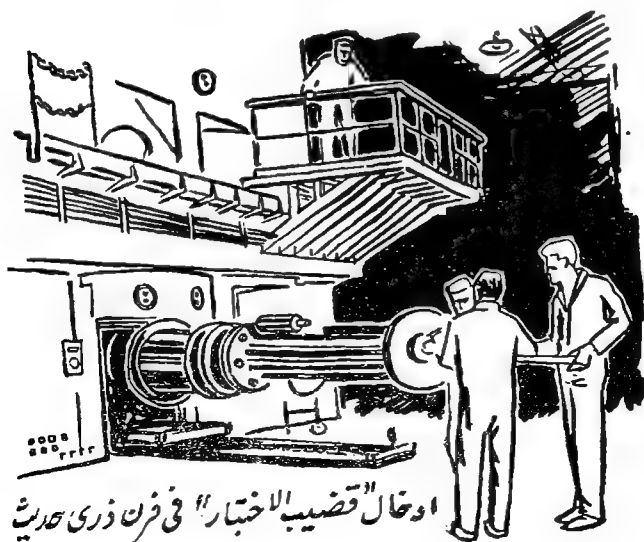
والآن استمع مرة أخرى الى المحادثة التليفونية :

— « لقد رسا البحار الايطالى فى العالم الجديد »
(أى أن فيرمي الايطالى نجح فى احداث تفاعل متسلسل ، وهو شئ جديد فى تاريخ العالم) .

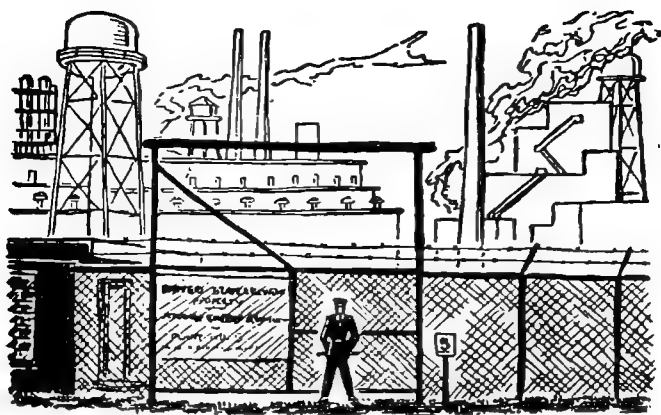
— « كيف حال الأهالى ؟ » (أى هل أمكن السيطرة على التفاعل ؟)

— « أصدقاء جدا » (أى : نعم : أمكن السيطرة عليه) .

أما ما يحدث بالضبط لذرات اليورانيوم فى ذلك القرن أو فى أى قرن آخر اليوم فما زال غامضا بعض الشيء ، لأننا لا نعلم حقيقة طبيعة القوى الرابطة بين أجزاء نويات الذرات معا . ولكن منذ ذلك اليوم الذى أقيم هذا القرن الذرى الأول ، أقيمت أنواع مختلفة من الأفران الضخمة ، تسمى « المفاعلات النووية » تؤدى أغراضا متباينة فى الولايات المتحدة وغيرها من الدول . فهناك أنواع مختلفة من المفاعلات ، تتباين فى أحجامها ، وما يستخدم بها من وقود ، ودرجة نقائه . فنوع المفاعل المراد بناؤه يتوقف على ما يريد العالم انتاجه فيه ، أو تشغيله من أجله .



او حال "تضييب الاختبار" فى قرن ذرى حديث



البورانيوم خلف الأبواب

البلوتونيوم : عنصر من صنع الانسان

بالقرب من مياه نهر كولومبيا في ولاية واشنطن يحتل مصنع ذرى ضخمة مساحة تعادل نصف مساحة جزيرة « رود آيلاند » ، وقد اعتبر أحد عجائب الدنيا السبع . ويسمى « مشروع هانفورد » الذرى ، تُنتج في أفرانه شركة جنرال اليكتريك ومؤسسة الطاقة الذرية عنصرا جديدا من صنع الانسان هو « البلوتونيوم » ، لم تعرفه الطبيعة من قبل .

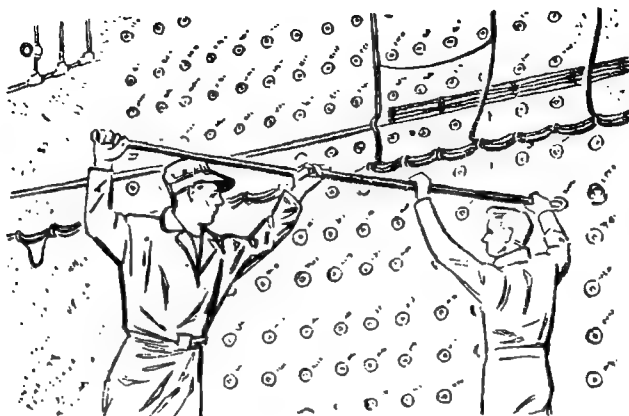
والبلوتونيوم من مصادر الثروة القومية الهامة ، اذ يمكن

أن تتحرر منه كميات هائلة من الطاقة عندما تصوب اليه قذائف النيوترونات . كما يمكن تخزينه في أمان آلاف الأعوام ، لأن « أمد انتصافه » ٢٤٠٠٠ سنة ، ففى تلك الحقبة من الزمن يتحطم نصف أى كمية منه ، ويمكن استخدامه في زمن الحرب لحماية البلاد ، وفي وقت السلم لخدمة الانسانية .

وقد يدخل بعض ما استخرج من اليورانيوم من المناجم في « كولورادو » مثلا عبر البوابات المحروسة لذلك المصنع الى منطقة محرمة ، حيث « يطهى » في « مفاعل نووى » حتى يتحول بعضه الى « البلوتونيوم » .

واذا فرض أنك استطعت مراقبة ذلك اليورانيوم أثناء « طهوه » في تلك الأفران الغامضة في « هانفورد » ، فسترى جدراناً ضخمة كأسوار القلاع ، مبنية من المسلح والرصاص تقى العمال من الاشعاعات الفتاكة التى تنتجها الذرات المتحطمة . أنظر الى جدران المفاعل المرسومة هنا ، انها ترتفع لعدة طوابق ، وبها عدة فتحات كل منها تشبه القطعة الفضية ذات الخمسة قروش ، وتدفع خلال احداها ماسورة تحوى اليورانيوم ، مثلها في ذلك كمثل مئات المواسير الأخرى . وعندما تنتهى عملية التعبئة ، تسد تلك الفتحات بسدادات من الرصاص ، ثم تزال القضبان المعدنية ، لتزال الموانع من طريق انتشار النيوترونات ، فتسرى ثم تصيب

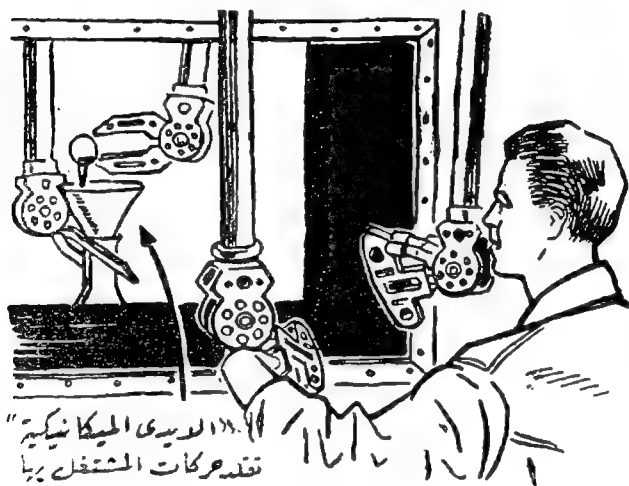
نويات ذرات أخرى ، وحينئذ يبدأ تفاعل متسلسل ، فيبدأ
الفرن في العمل .



ولا يصحب هذا أى حركات لأجزاء آلية كبيرة ،
ولا يتصاعد أى دخان ، أو تشتعل أى نار . ولا تسمع
الا صوت أجهزة التهوية الخافت ، وصوت المضخات التى
تدفع الماء خلال المفاعل لامتصاص الحرارة . ولا ترى
الا رجالا ونساء فى معاطف بيضاء يراقبون الأنوار الحمراء
والخضراء وعقارب العدادات ، ويضبطون الآلات فى غرفة
المراقبة .

وبعد شهور من « الطهو » تتحول بلايين من ذرات
اليورانيوم الى البلوتونيوم نتيجة لاضافة نيوترونات الى
نواها . وعندئذ تدفع الماسورة الى الخارج من الجانب

الآخر للمفاعل ، وتلقى في قناة بها ماء عمقه ٣٠ قدما . وتبدو كما كانت من قبل ادخالها المفاعل بالضبط ، ولكنها الآن في الواقع « ساخنة » ، أى ذات نشاط اشعاعى ، تنبعث منها اشعاعات فتاكة بالكائنات الحية . وفي قناة الماء يحيط بكل ماسورة وهج أزرق جميل نتيجة لتلك الاشعاعات الشديدة .



ومن الآن فصاعدا يجب الاشتغال بالناتج بواسطة أيد ميكانيكية اذ لا يستطيع العمال استنشاق الهواء المحيط بمحتويات المواسير . ولذلك يفصل البلوتونيوم النقى من الفضلات المشعة بأجهزة ميكانيكية تؤدي العمل من بعيد ، ثم يخزن سرا حتى تحتاج اليه البلاد .

فصل نظائر اليورانيوم

ومن جهة أخرى ، فقد يسير اليورانيوم الذى استخرج

من المنجم فى طريق آخر ، ولكنه طريق لا يقل غرابة
ولا ادهاشا .

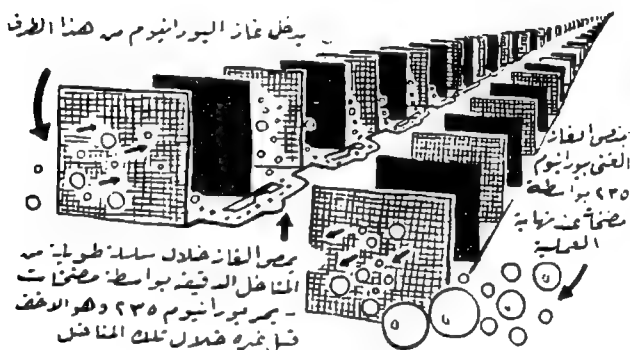
فقد يرسل ذلك اليورانيوم الى أحد مصانع فصل
اليورانيوم التى تديرها مؤسسة الطاقة الذرية ، حيث يجرى
فصل اليورانيوم ٢٣٥ من اليورانيوم ٢٣٨ وهو الأكثر ثباتا .
وهذه العملية صعبة جدا ، لأن نوعى اليورانيوم متشابهان
تماما فى الخواص الكيماوية ، ولذلك يلجأ العلماء الى الفرق
الطفيف بين وزنيهما لحل تلك المشكلة .

وعملية فصل نظائر اليورانيوم أصعب من أى شىء يمكنك
تصوره . ففى مصنع الفصل «بأوك ريدج» فى ولاية «التنسى»
حيث يجرى جزء من ذلك العمل ، تستخدم يوميا لتشغيل
مضخات المصنع كمية من الكهرباء تكفى لسد حاجة نصف
مدينة نيويورك من الطاقة الكهربائية . وتتضمن هذه العملية
مبان ضخمة ، وأميالا وأميالا من المواسير والأسلاك ، وأجهزة
معقدة وكثيرا من الرجال العاملين المجددين .

ففى بناء طوله ميل وارتفاعه أربعة طوابق ، يندفع غاز
ساخن يحوى اليورانيوم والفلور بواسطة مضخات خلال
مواسير مقلقة . ولا يمكن صنع تلك المواسير من معدن معتاد ،
لأن الغاز يبلغ من النشاط حدا يجعلها تتآكل ، حتى أنه يشعل

بعض المعادن ويأكل الزجاج — ولذلك وجب ابتكار مواد جديدة لمرور ذلك الغاز وتخزينه ، وفي تلك المواد السرية يفصل اليورانيوم ٢٣٨ (وهو الأثقل قليلا) من اليورانيوم ٢٣٥.

ويجب أن تكون الأجهزة في مصنع الفصل محكمة لا تسمح لأي شيء بالتسرب ، لأن الغاز سام جدا . ولذلك يركب المسؤولون عن تشغيل المضخات ومحطات المراقبة دراجات للمرور على مواسيرها الطويلة للتأكد من أن كل شيء على ما يرام .

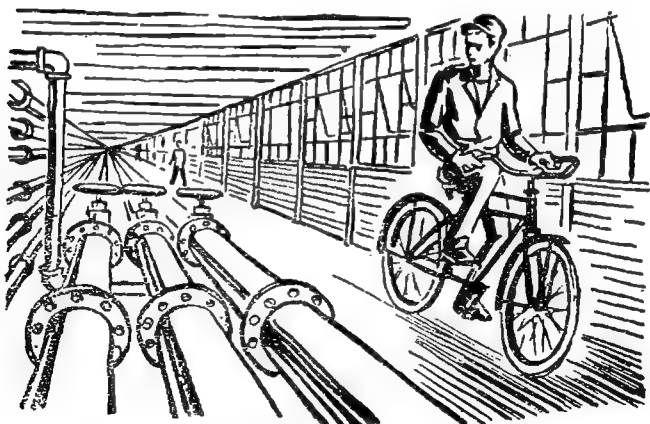


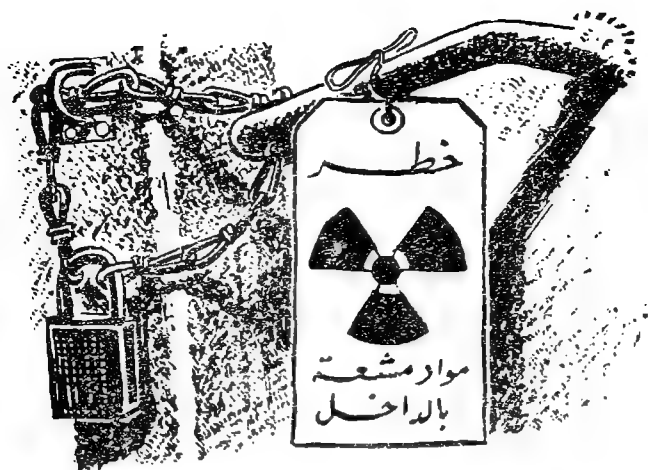
ويمر الغاز (أثناء رحلته خلال أميال من المواسير) من مناخل يقل قطر ثقبها عن جزئين من المليون من البوصة . فيصفي الغاز ، وتمر ذرات اليورانيوم ٢٣٥ (وهي الأخف قليلا) من الثقوب أولا ، فيسحب ذلك الغاز الغني بيورانيوم ٢٣٥ مباشرة بواسطة المضخات . وبعد ذلك يحول الكيميائيون

ذلك الغاز الغنى يورانيوم ٢٣٥ مرة أخرى الى معدن اليورانيوم ، وذلك بفصله من الفلور الذى كان متحدا معه . ثم يخزن المعدن سرا لاستعماله فى المستقبل .

واذا لم تكن هناك حاجة الى اليورانيوم ٢٣٥ ، فانه يمكن تخزينه فترة طويلة من الزمن ، لأنه لا يتحطم الا ببطء جدا ، بحيث لا يفقد الا نصفه كل أربعة ملايين من الأعوام .

ونظرا لطول أمد انتصاف اليورانيوم ٢٣٥ والبلوتونيوم ، فانهما يعتبران أهم مصادر الثروة القومية ، اذ يخترنان طاقة ضخمة يمكن تحريرها عند الحاجة اليها — بسرعة كما فى القنبلة الذرية ، أو ببطء لتوليد الطاقة فى زمن السلم .





خطر! نشاط إشعاعي

القمامة النووية والتخلص منها

لا يمكن أن يجمع كناس معتاد « الرماد » المتخلف من الأفران النووية ، لأنه « ساخن » ، أى تنبعث منه اشعاعات . فالفاعل النووى الواحد ينتج من الاشعاعات ما يعادل ما ينبعث من عدة أطنان من الراديوم .

ولما كان أكثر ذلك « الرماد » يفقد نشاطه الاشعاعى بسرعة ، فيمكن تخزينه داخل أسوار واقية حتى يزول عنه

الخطر ، ثم يتخلص منه كبقية الفضلات الصناعية ؛ كما أن بعضه يمكن تخفيفه بالماء حتى يزول ضرره .

· والمعروف أن فضلات بعض الصناعات العادية تلقى حتى الآن في مجارى الأنهار فتلوث مياهها وتسبب الكثير من المشاكل . أما في برنامج الطاقة الذرية فقد كان من الضروري بذل العناية الكاملة للتخلص من الفضلات منذ بداية البرنامج ، لأن الاشعاعات الفتاكة المنبعثة من الذرات المتحطمة أشعة خفية لا يمكن أن يراها أو يسمعها أو يحس بها أى انسان .

ولم يكن جمع القمامة المشعة مشكلة الا منذ تعلم الانسان تحطيم الذرات ، ذلك لأن العالم كله لم يستخدم خلال الخمسين عاما الأخيرة الا ثلاثة أربال من الراديوم . وكلما نما برنامج الطاقة الذرية ، ازدادت كمية القمامة المشعة المتخلفة وازدادت مشاكل التخلص منها .

المبافن الذرية

وقد بنيت خزانات تحت سطح الأرض ، لتخزين المواد المشعة ، ولكنها أخذت تمتلئ بسرعة لم تكن في الحسبان . كذلك تحرق بعض الفضلات ، ولكن يجب الاحتراس لمنع الغازات المشعة المتكونة من الانتشار في الجو . كما أن بعض الفضلات ذات النشاط الاشعاعى تلقى في قاع البحر ، بعد

تخزينها في صناديق من المسلح ، وذلك لمنع تسرب الاشعاعات من الصناديق ، ولابقائها في القاع ، وتخصص مناطق معينة كمدفن تحت الماء لتلك الفضلات .



كذلك تصنع خيوط من الطين كالمكرونة لامتصاص بعض الفضلات الذرية ، ثم تخبز لتصبح كقوالب الطوب ، ثم تدفن في باطن الأرض .

المجارى الذرية

كذلك نرى نهر كولومبيا ، الذى يزيل معه الحرارة من المفاعلات فى « هانفورد » حيث يصنع البلوتونيوم ، يزيل معه بعض المواد ذات النشاط الاشعاعى . وذلك لأن ماء النهر البارد يسحب بواسطة مضخات الى داخل المفاعلات بسرعة آلاف الجالونات فى كل دقيقة ، وكلما سار الماء خلالها ، تعرضت المعادن ذات الذائبة فيه لقذائف النيوترونات ، وبذلك

تصبح مشعة الى حد ما . ولذلك يجب التخلص منها بنفس العناية كغيرها من أنواع القمامة الذرية . فقبل أن يعاد الماء الى النهر يخزن في أحواض كبيرة حتى يتحلل بعض ما به من مواد ذات نشاط اشعاعى . ولا يصب الماء في النهر الا عندما يصبح ما يتبقى به من اشعاعات ضئيلا جدا .

ويقوم بعض علماء شركة « جنرال اليكتريك » بدراسات متواصلة لاكتشاف ما اذا كان لهذه الكمية الضئيلة أى أثر على السمك وغيره من الأحياء المائية التى تعيش فى النهر .

فيشق قارب خاص عباب النهر جيئة وذهابا ، ويجمع بحارته عينات من ماء النهر ومن السمك وغيره من حيوانات النهر ونباتاته . وبالإضافة الى هذا ، يجمع عمال يرتدون أحذية طويلة من المطاط وملابس واقية خاصة عينات أخرى من المناطق الضحلة من النهر . وترسل العينات بسرعة الى المعامل حيث تختبر لتقدير كمية النشاط الاشعاعى التى امتصتها بالضبط .



. . وتدل الدراسات على أنه لم يحدث أى ضرر للحياة النهرية نتيجة للكميات الضئيلة من المواد المشعة التى أُلقيت فيه . ولكن العلماء مستمرون فى الصيد وتحليل كل عينة لتقدير نشاطها الاشعاعى حتى لا تحدث أية زيادة مفاجئة منها فى النهر .

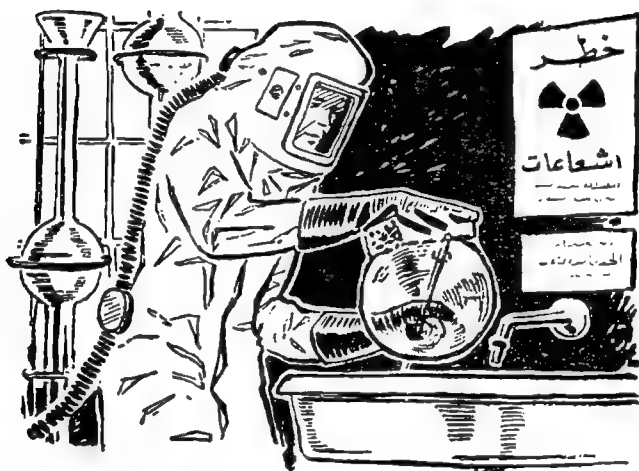
هدم المباني النرية

وليست هناك طريقة مثالية واحدة للتخلص من الفضلات، لأن طريقة التخلص من النشاط الاشعاعى تعتمد غالبا على نوعه وقوته وطول حياته . فبعض الكيمياويات تظل «ساخنة» ملايين السنين ، فى حين تصبح غيرها عديمة الضرر بعد جزء من الثانية . واذا أريد هدم مباني مؤقتة « ساخنة » ، فانها تطفى حتى لا تنتشر حبيبات المواد ذات النشاط الاشعاعى المعلقة على سطحها ، ثم تزال تلك المباني بعناية ، لوحا لوحا ، وتدفن . وحتى الفيران الموجودة فى مثل هذه المباني قد تكون ذات نشاط اشعاعى ، ويجب التخلص منها بعناية .

قمامة العامل والمستشفيات

وترى فى الصورة رجلا يتخلص من « قمامة » معمل للأبحاث تستخدم فيه مواد « ساخنة » . ولذلك تجد ملابسه الواقية تكسوه تماما ، ولعطاء رأسه نافذة من اللدائن الشفافة

أمام عينيه ، وعلى رأسه وكتفيه غطاء آخر من اللدائن .
 كذلك يقى يديه بقفاز من المطاط ، وتغطى ساقيه أحذية طوال
 فوق الأحذية المعتادة ، ويصله هواء نقى يصب فى غطاء رأسه
 لأن هواء الغرفة قد لا يكون صالحا للتنفس ، لأنه قد يحوى
 بعض الرماد ذى النشاط الاشعاعى .



والى جانبه ترى بعض السوائل ذات النشاط الاشعاعى
 فى ذلك « الوعاء الساخن » . وتراه يصب بعض السوائل
 الأخرى فى بالوعة خاصة ، تؤدى الى خزان تحت الأرض ،
 تخزن به المواد المشعة حتى تنتهى اشعاعاتها المهلكة .

وقد اعتمدت لجنة الطاقة الذرية عددا قليلا من الشركات

لنقل الفضلات « الساخنة » من المستشفيات والمعامل والمصانع التي تستخدم كميات صغيرة من تلك المواد . وتحصل شركات جمع القمامة الذرية هذه أجورا عن نقل كل صفيحة سعتها ٥ جالونات من الفضلات الذرية . وتأتي بسياراتها بانتظام وفي مواعيد محددة الى الزبائن . وتوجد في كرسيها الأمامي آلة للتأكد باستمرار من عدم تسرب أى اشعاعات خطيرة من القمامة من خلال الصفائح الموضوعة بها .

اختبار الأرض والهواء

كما يقوم المخبرون الصحيون بفحص المناطق القريبة من المشروعات الحكومية والصناعات الخاصة التي تنتج فضلات ذات نشاط اشعاعى . فحتى الهواء الخارج من تلك المباني يجب تنظيفه بعناية قبل أن يتركها ، حتى لا يكون هناك احتمال لانتشار أى أشعة خطيرة قد تؤثر في الناس أو الحيوانات أو النباتات .

ففى معمل « بروكهافن » القومى مثلا يعمل الموظفون فى محطة على الدوام لاختبار النشاط الاشعاعى للهواء . فاذا وجدت به كميات أعلا من حد الأمان ، يوقف المفاعل الذرى فى المعمل الموجود بتلك المنطقة .

وداخل المعمل نفسه ترى رجلا فى ملابس واقية ذات ياقة

حمراء ، يدفع أمامه آلة على الأرض باحثا عن مواد ذات نشاط اشعاعي تكون قد انتشرت عليها . وتسمى تلك الآلة «فيدو» ، وهى عبارة عن « عداد جيجر » مركب على عجل ويتصل بسماعات . فاذا أسرعت الأصوات المستمرة التى يسمعها ذلك



العامل فجأة ، دله ذلك على أن بعض المواد ذات النشاط الاشعاعي قد انتشرت على الأرض فى تلك المنطقة .

طرق الوقاية

ويتضمن برنامج الطاقة الذرية بحوثا كثيرة لتقدير « حد الأمان » من النشاط الاشعاعى ، ولايجاد طرق أفضل للتخلص من الفضلات ذات النشاط الاشعاعى ومعالجتها . وكلما ازدادت التطبيقات السلمية للطاقة الذرية ، ترسل

الذرات اشعاعاتها في أماكن أكثر وأكثر كل عام ، ويزداد عدد المشتغلين مباشرة بالمواد ذات النشاط الاشعاعي ، فبعضها تستخدمه لجنة الطاقة الذرية مباشرة ، وبعضها الآخر يستخدم في المستشفيات ومعامل البحوث والصناعات العديدة المختلفة.

وقد تتاح لك الفرصة في المستقبل للعمل بالمواد ذات النشاط الاشعاعي ، فكيف تقى نفسك من أشعتها المهلكة ؟

فلجنة الطاقة الذرية مكلفة — بالإضافة الى حماية الأمة من المعتدين — بوقاية عمالها ومن توزع عليهم النظائر من الاشعاعات التي تنبعث من ذراتها المتحطمة . ولهذا ترعرع ميدان علمي جديد هو علم الطبيعة الصحية ، لوضع مقاييس وتدابير للأمان ، وذلك بالعمل على وقاية الناس من الاشعاعات بابتكار طرق ملائمة للعمل والوقاية من التعرض الزائد للأشعة ، والتحذير عند زيادتها . كذلك يبحث رجال هذا العلم فيما تسببه الأشعة للأفراد من أضرار ، وتعين الحدود التي ينبغي ألا يتعرضوا لأكثر منها . ولذلك يمكن الاشتغال بأية كمية من الاشعاعات مهما كبرت ، اذا ما اتخذت الاحتياطات الكافية . فلا داعي للخوف من الاشعاعات ، اذا قدرها المشتغلون بها واحترسوا منها .

اكتشاف الأشعة

وهناك أنواع عديدة من آلات اكتشاف الأشعة تستخدم باستمرار لوقاية المشتغلين بها . فتحمل شارات معينة تحوى فيلما يمكن تحميضه ، وتعين كمية التعرض منه . وتختبر شارات الأفلام دوريا ويحتفظ ببيانات دقيقة لكل فرد ، لها أهمية خاصة نظرا لتراكم آثار جرعة الأشعة في الجسم .



وفي الصورة يستخدم رجل عداد قدم ويد لاكتشاف أى تلوث يكون قد لحق بهما . ويمرر آخر « عداد جيجر » على ملابس زميل له ليختبرها . وتطلق على الآلات الأخرى أسماء مستعارة فكاهية خاصة .

جسيمات ذرية اربعة

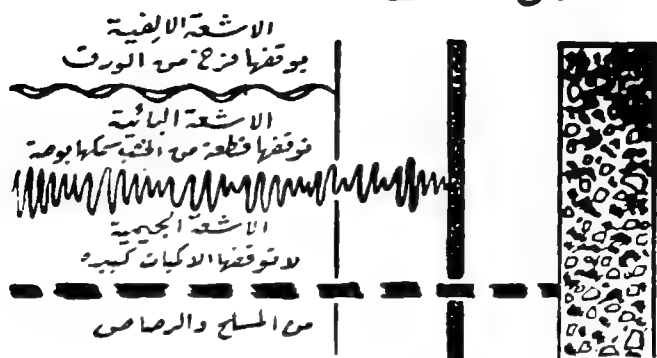
ويتوقف نوع المراقبة على كمية ونوع الاشعاعات التى قد يتعرض لها الناس . فالمواد ذات النشاط الاشعاعى تنتج نوعا أو أكثر من الأنواع التالية من الاشعاعات ، وكلها لا يمكن رؤيته .

فأحد هذه الأنواع « الجسيمات الألفية » ، يتألف كل منها من مجموعة من اثنتين من البروتينات واثنتين من النيوترونات انبعثت من نواة ذرة متحطمة . وهذه الاشعاعات لا تستطيع اختراق الجلد السليم ، ولكنها لو تولدت عن أحد النظائر المشعة التى تكون قد دخلت الجسم ، لسببت ضررا بليغا — أما فى الهواء فتسرى مسافة بوصة واحدة فقط ، ويمكن ايقافها بقطعة من الورق .

أما « الجسيمات البائية » فهى اليكترونات تسرى بسرعة عالية عندما تنطلق من بعض الذرات ذات النشاط الاشعاعى . وهذه الأشعة التى لا ترى تسرى حتى بضعة أقدام فى الهواء ، ولكن يمكن ايقافها بلوح من الخشب سمكه بوصة ، كما أنها تستطيع أن تخترق ثلث بوصة من أنسجة الانسان مسببة حروقا شديدة .

أما « الأشعة الجيمية » فتخترق أعماقا كبيرة ولا يمكن

انواع الاشعاعات الثلاثة



ايقافها الا بكمية كبيرة من المسلح أو الرصاص . وهذه هي الأشعة القريبة من الأشعة السينية التي تنطلق من الراديوم واليورانيوم .

أما « النيوترونات » فتستطيع اختراق عدة أقدام من الأنسجة ، ولذلك فهي خطيرة جدا ، والوقاية منها شبيهة بالوقاية من الأشعة الجيمية .

وبالرغم من أن تلك الجسيمات السريعة والموجات المنبعثة من الذرات ذات النشاط الاشعاعي قد تسبب ضررا بالغا لجسم الانسان ، فان علماء الطبيعة الصحية يتخذون الاحتياطات الكافية لابقاء مجموع ما يتعرض له المشتغلون بالذرة كل عام دون حد الأمان بكثير . فقد تصيبك من أخذ صورة بالأشعة السينية لجهازك الهضمي اشعاعات أكثر مما يتعرض له المشتغل

بالذرة فى عام كامل ، رغم أنه يشتغل بمواد « ساخنة » كل يوم .

الصندوق الذرى

فاذا كان العمل بسيطا لا تتحرر فيه الا كميات متوسطة فقط من الاشعاعات ، فيمكن فى هذه الحالة استخدام « الصندوق الجاف » أو « الصندوق ذى القفاز » . وهو عبارة عن صندوق مغلق ، له واجهة زجاجية وسقف زجاجى ، وله قفازان يمكن للعامل أن يدخل فيهما يديه . ويسرى فى الصندوق تيار من الهواء يرشح عند خروجه منه لازالة ما قد



يكون عالقا به من غبار ذرى . ويمكن أن تدار بعض الصناديق الكبرى فى أى اتجاه حتى يمكن للعامل بلوغ أى جزء منها .

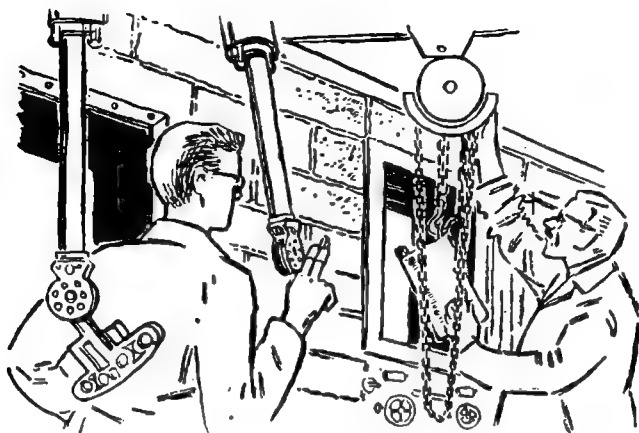
الكهف النرى والعامل الآلى

أما اذا كان العمل يستلزم اشعاعات قوية ، فيلزم لذلك « كهف ساخن » ، وهو صندوق ضخيم جدرانه وسقفه من المسلح السميك . يبدأ العمل بفتح بابه الذى يزن سبعة أطنان من المسلح ، يسحبه على سكة حديدية صغيرة . ثم تفحص جدرانه بالآلات للتأكد من عدم بقاء أى نشاط اشعاعى بها من آثار التجارب السابقة . ثم توضع الأجهزة اللازمة للتجربة فى الكهف ، ويوضع بعضها فى صندوق شفاف من اللدائن . وبعد أن يتم وضع كل شئ ، تجرى تجربة «جافة» أولاً للتأكد من أن كل شئ على ما يرام .

ثم يندفع وعاء ثقيل من الرصاص الى داخل الكهف ، وتوضع فيه عينة اليورانيوم ٢٣٥ ، ويرفع فوق الرف بواسطة رافعة ذات سلسلة . ثم تزال السلسلة ويغلق الباب ، وتبدأ التجربة . ويجب ألا يلمس أى انسان اليورانيوم ٢٣٥ أو يستنشق الهواء المحيط به ، ولذلك يستخدم فى العمل به من بعيد « عامل آلى » ينفذ جميع حركات اليدين ، بينما يظل الانسان خارج الكهف يراقب ما يحدث داخله خلال نافذة واقية من الزجاج الملون سمكها ثلاثة أقدام .

وأثناء العمل تسحب آلة خاصة بعض هواء غرفة المراقبة

التي يوجد بها الباحث وتممره خلال ورق ترشيح ، وتختبره لتكتشف ما قد يكون قد حدث له من تلوث .



وإذا أراد الباحث اخبار مساعده عن جهاز معين في الكهف، فيستطيع بكل سهولة أن يشير اليه وهو على بعد ستة أقدام بأحد أصابع العامل الآلى . وإذا أراد قراءة أحد الأجهزة ، استخدم نظارة مقرّبة تثبت أمام عينيه ، وتستند الى أذنيه بذراعين كالنظارات العادية تماما .

وتتم التجربة بنفس السهولة ، كما لو كان الباحث يعمل بأصابع يديه ، فذلك « العامل الآلى » يستجيب لكل حركة من عضلاته . وبعد الانتهاء من التجربة ، يوضع اليورانيوم فى غلافه المصنوع من الرصاص ، ويسحب المساعد الباب ليفتحه . ثم يرسل وعاء الرصاص الذى يحوى اليورانيوم الى الكهف الخاص به حيث تخزن كل المواد ذات النشاط

الاشعاعى فى أمان ، ولا تصل أشعتها الى أى كائن حى .

وتوجد فى بعض الكهوف الساخنة الأخرى أجهزة آلية أقل تعقيدا من الجهاز السابق ، يمكن تشغيلها بتحريك بعض المفاتيح ، فتتحرك قبضتها ويدها المصنوعة من الصلب داخل الكهف ، ولو أنها لا تستطيع الحركة فى كثير من الاتجاهات كيد الانسان أو كالعامل الآلى السابق ، الا أنها تستطيع أداء عمليات معينة بسهولة تامة .

وفى بعض المباني الأخرى يستطيع المشتغل بالذرة أن يرى تجاربه على شاشة تليفزيون خاصة ، تمكنه من رؤية الأبعاد الثلاثة كلها اذا ما لبس نظارات خاصة . وبذلك يستطيع أن يؤدى بمساعدة « العامل الآلى » عمليات غاية فى الدقة ، وهو آمن بعيد بمسافة كافية عن « المواد الساخنة » .

البركة الذرية

وهناك آخرون يفحصون المواد فى بركة عميقة من الماء . ففى ذلك المعمل الموجود تحت الماء تمتص الأشعة المتولدة من الذرات المتفجرة قبل أن تصل الى البحاث الذين يستخدمون طرق التشغيل عن بعد فى عملهم .

الملابس الذرية

وقد يلزم أن تلبس لبسا تبدو فيه أغرب من رجال المريخ حين تعمل فى بعض المشروعات الذرية . فهناك حلة من

اللدائن ، لها وصلات تربطها معا ربطا محكما . وتحمل على ظهر ك خزان يدخلك منه الهواء عن طريق فتحة في الجزء الأعلى من الحلة . وبذلك تتنفس هواء نقيا ، دون أى خطر من تسرب الهواء الذى قد يكون ملوثا بمواد مشعة خلال فتحات الحلة التى ترتديها ، لو كان بها فتحات .



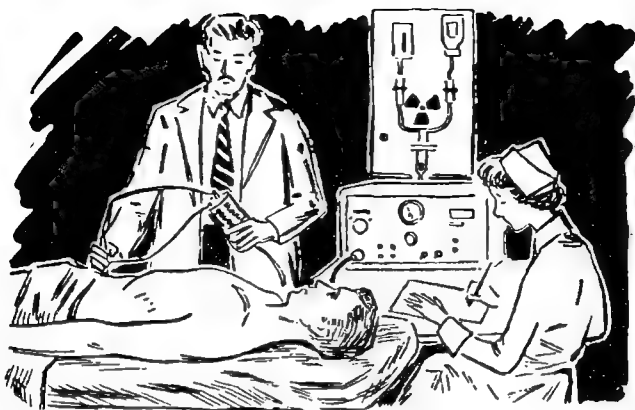
وهناك حلة أخرى أغرب من هذه يلبسها عمال الإصلاح الذين يضطرون الى العمل فى مناطق ضيقة لا تسمح لهم بلبس الحلل الضخمة . فقد يزحف العامل منهم فى حلة رقيقة من اللدائن ، لها ذيل طويل يشبه النفق ويمتد الى فتحة فى الحجرة المجاورة ، وتمر فيه أسلاك وأنايب توصل اليه الهواء للتنفس ، ويلبس قفازا من الحرير الصخرى . كل هذا ليستطيع إصلاح آلات ذرية يضعها على شريط يتكون من ذيل حلتة نفسها وتمكنه هذه الحلة من التحرك فى « الغرف الساخنة » بأمن تام طالما لم يتمزق أى جزء منها .

أجراس

وهناك أجراس تدق وقت الخطر . فلو مر عامل مثلا من منطقة كانت بها مواد ذات نشاط اشعاعى ثم لوث ملابسه منها ، فعندما يمر من الباب المحاط بعدادات جيغر ، فانها تدق أجراسا لتنبئه وتنبئ كل زملائه بأنه لابد وأن يكون قد تلوث . فيسرع الى « الدش » ليستحم ، وتدفن ملابسه مع بقية الفضلات ذات النشاط الاشعاعى . ثم يمنع عن العمل فى المناطق ذات النشاط الاشعاعى فترة من الزمن ، يفحص فيها الأطباء حالته الصحية دوريا للتأكد من أنه لم يخترن . فى جسمه مواد ذات نشاط اشعاعى .

وتتخذ كافة الاحتياطات لحماية كل عامل فى برامج الطاقة الذرية ، فلا تجرى أى تجربة أو عملية الا بعد اتخاذ الاحتياطات الشديدة . وحتى المكاس فانها تختبر للتأكد من أنها لم تلتقط أى غبار ذى نشاط اشعاعى . ولا تسمح لجنة الطاقة الذرية للعمال بالتعرض الا لكميات من الأشعة لا تحدث لهم أى ضرر حتى لو تعرضوا لها طوال حياتهم .





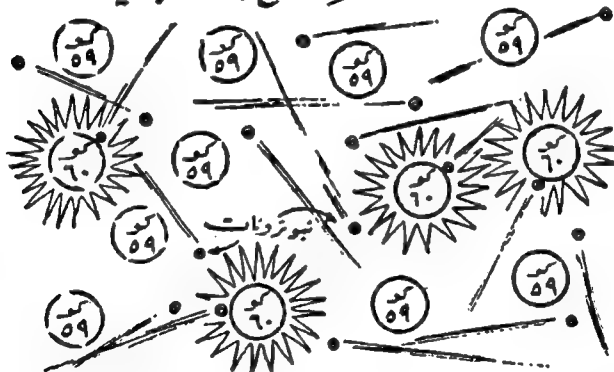
الطبيبِ وَالذَّرةَ

الراديوم والنظائر الصناعية

كان الراديوم قبل عام ١٩٣٠ العنصر الوحيد الذي عرف بأن ذراته تتكسر بسرعة تكفى لاستخدامه في علاج السرطان وغيره من الأمراض . وعندما صنعت النظائر المشعة بقذف العناصر في محطّات الذرة بالقذائف الذرية ، لم يفض منها في أول الأمر إلا القليل من المواد الصالحة للبحاث من الأطباء والمستشفيات ، فكانت باهظة التكاليف ، نادرة جدا ، ولكنها زادت قليلا من المورد الضئيل من المواد المشعة التي كانت مخصصة لتلك الأغراض .

أما الآن فينتج من النظائر المشعة في المفاعلات النووية آلاف أضعاف ذلك الانتاج . فبالإضافة الى النظائر المشعة التي تتخلف « كرماد نووى » ، تحضر أكثر النظائر المشعة الشائعة « حسب الطلب » بوضع كميات صغيرة من العنصر المطلوب في وعاء داخل المفاعل ، حيث تصبح ذراته هدفا لملايين النيوترونات الطليقة التي تحررت بتكسير ذرات اليورانيوم . فتتجج بعض النيوترونات في دخول النويات الذرية للعنصر ، وبذلك الطريقة تتكون النظائر الأثقل لذلك العنصر .

يحول الكوبلت الى العنصر المشع بقذفه بالنيوترونات



الكوبلت ٦٠

فلنفرض أن العلماء يريدون صناعة كوبلت به ستين جسيما في مركزه . فيوضع الكوبلت الطبيعي الذي يحوى ٥٩ جسيما في نواته في الفرن الذرى ، حيث تتطاير حوله في كل الاتجاهات

بلايين لا تحصى من النيوترونات . ويندفع كثير منها تجاه ذرات الكوبلت فى مساحات الفضاء الشاسع الموجودة بين نوياتها وما يحيط بها من حلقات الاليكترونات . فيصطدم أحد النيوترونات بين آن وآخر بذرة الكوبلت ٥٩ فيحيلها الى كوبلت ٦٠ ، وهى ذرات ذات نشاط اشعاعى ، لأنها الآن تحوى عددا من الجسيمات أكبر من العدد الطبيعى ، يسبب لها « عسر هضم » ذرى .

السرطان

ويستخدم بعض ذلك الكوبلت الذى « طهى » فى الفرن الذرى فى علاج السرطان . فتملأ أنابيب رفيعة من النايلون بالكوبلت ٦٠ ، وتحاك فى كتلة السرطان ، فتهلك أنسجتها المريضة بفعل الأشعة القاتلة المنبعثة من ذراتها المشعة . ومنذ عام ١٩٤٦ حوت عجائن وأسلاك وابر رفيعة طبية مختلفة من الكوبلت ٥٩ الى كوبلت ٦٠ فى الفرن الذرى « بأوك ريدج » . وبعد اختبارها فى الحيوانات ، استخدمت فى علاج بنى الانسان ، لتؤدى العمل الذى كان يؤديه فيما قبل الراديووم وهى أرخص منه بكثير .

وبعد ذلك أحيطت أسلاك دقيقة من الكوبلت المشع بخيوط من النايلون ، لتستخدم فى حياكة الأنسجة بعد أن

يزيل الجراح منها الأورام السرطانية ، لتتبدل ما يكون قد تبقى بها من خلايا سرطانية . كذلك صنعت في « أوك ريدج » قذائف من الذهب ذي النشاط الإشعاعي يمكن دفنها في الأورام الداخلية العميقة بتصويبها إليها من مدفع خاص .

الصيدلية الذرية

ولعل أغرب صيدلية في العالم هي تلك الموجودة في « أوك ريدج » بولاية « التينيسي » . وتقوم كل شهر بشحن الكثير من العقاقير ذوات النشاط الإشعاعي الى المستشفيات ومعامل البحوث .

فاليوم تورد « أوك ريدج » النظائر المشعة الى أكثر من خمسمائة معهد طبي ، تباع بجزء يسير من تكاليف إنتاجها اذا كانت ستستخدم في بحوث السرطان أو علاجه .

واذا دخلت تلك الصيدلية فانك لا تجد بها ما تشاهد عادة في أمثالها من أدوات ومبيعات . كما أنك لن تستطيع رؤية الأدوية الا اذا نظرت الى مرآة ، ذلك لأنها « ساخنة » جدا ، لدرجة أنه لا يمكن فحصها أو مشاهدتها الا بطرق العمل عن بعد بواسطة الأجهزة والأيدي الآلية .

ومن بين الأدوية العديدة الموجودة في الصيدلية الذرية بأوك ريدج تجد أسلاك الكوبلت المشع ، والذهب المشع ، وغيرهما من العناصر المشعة وأبرها وخرزها .

واذا طلب سائل ذو نشاط اشعاعى يلزم ارساله لأحد المستشفيات ، يهتدى الصيدلى الى مكانه بالنظر الى مرآة مائلة تربه محتويات المخزن الموجودة خلف حائط سمكه قدما من المسلح . ثم يفتح الدرج الذى توجد به الزجاجات بواسطة ذراع معدنى ذى أصابع معدنية ، فيستخرج منه الزجاجة المطلوبة ، ويرفعها من الدرج ، ثم يزيل غطاءها — كل ذلك عن بعد بواسطة تلك الآلة — وينقل بعض ما تحويه الى زجاجة صغيرة بواسطة حقنة آلية يشغلها عن بعد أيضا ، ثم يغطى الزجاجتين ، ويعيد كبراهما الى مكانها فى درج المخزن . وطوال هذه العملية تدق أجراس تشغيل الاشعاعات التى تنبعث من الأدراج المفتوحة وتسجلها عدادات جيجر متصلة بتلك الأجراس دالة على أن الصيدلية مفتوحة .



ثم يضع الصيدلى الزجاجة الصغيرة التى تحوى الدواء المطلوب فى صندوق من الرصاص لا تسرى خلاله الأشعة الفتاكة ، ليتمكن شحنها فيه الى المستشفى بالطائرة أو القطار أو السيارة .

وبالرغم من أن وزن العينة المتوسطة من النظائر المشعة قد يكون خفيفا كالريشة ، فقد يبلغ وزن الشحنة بصندوقها ١٥٠ رطلا . وفى بعض الأحوال يصل وزن العينات « الساخنة جدا » بعبواتها الى عدة أطنان .

اقتفاء الأثر والبحوث الطبية

ويعتبر كثير من الأطباء هذه الكميات الضئيلة من النظائر المشعة من أهم التطورات التى حدثت فى تاريخ الطب . فبالصاق بطاقة النشاط الاشعاعى على الذرات ، يمكن تتبعها فى رحلتها خلال العمليات الحيوية ، وزيادة معرفة الأحداث التى تجرى داخل الخلايا الحية . وقد شبه بعضهم الذرات المشعة بالأغنام ذوات الأجراس فكما أن الراعى يستطيع اكتشاف قطيعه عن بعد عندما يسمع الجرس المعلق فى رقبة أحد أغنامه ، كذلك يستطيع العالم أن يحدد مكان مجموعة من الذرات عندما يدق عداد جيجر اذا اقترب من ذرة مشعة منها .

ويمكن أن تحضر أى مادة كيميائية من المواد الموجودة فى الخلية الحية صناعيا فى صورة مشعة ، وتستخدم فى

عمليات اقتفاء الأثر . فمثلا يستورد معهد بحوث السرطان في فيلادلفيا بولاية بنسلفانيا الكربون المشع من الصيدلية الذرية التابعة للجنة الطاقة الذرية ، وذلك لأن الكربون داخل في تركيب النسيج الحي . ونظرا لأن كل ذرة من ذرات الكربون المعتاد تشبه الأخرى ، يصعب اقتفاء أثره في العمليات الحيوية . أما الكربون ١٤ وهو الكربون المشع ، فهو كربون ذو بطاقة ، فاذا دخل في تركيب السكر مثلا ، أصبح السكر مشعا ، ولكن الجسم لا يستطيع تمييزه عن السكر المعتاد ، اذ أن له نفس المظهر ونفس الطعم كأي سكر آخر . وتستطيع استخدامه في تحلية فطورك أو شرباك ، دون أن تكتشف أى اختلاف . ولكن يمكن استخدام عداد جيجر لاقتفاء أثره ، نظرا لأن ملايين الذرات — حتى في جزء من الأوقية من ذلك السكر — تتكسر كل ثانية . وتبلغ حساسية عداد جيجر حدا يستطيع معه أن يقتفى أثر حتى أربعة انقسامات ذرية فقط في كل ثانية ، ولذلك يسهل اقتفاء أثر السكر المشع .

ويمكن استخدام فأر أكل من ذلك السكر في مثل تلك التجربة . فلو وجد الكيمياء ذرة كربون مشعة في دهن جسم ذلك الفأر ، دله ذلك على أن السكر تحول الى دهن . فيمكنه دراسة سرعة حدوث ذلك ، وزيادة معرفته عن المواد التي تكونت في الطريق أثناء عملية التحول .

ويستمر انطلاق الاشعاعات من ذرات الكربون التي ابتلعها الفأر آلاف السنين ، نظرا لأن نصف حياة الكربون ١٤ تبلغ

٥٧٠٠ عاما ، فلا تتكسر الا نصف ذراته في تلك الحقبة من الزمن . وطالما وجدت تلك الذرات في جسم الفأر ، يمكن للكيميائى تحديد موقعها بعدد جيجر . ويشبه الفأر في هذه الحالة التماسح الذى ابتلع الساعة في قصة « پيترپان » (Peter Pan)، اذ دلت عليه دقائقها فمكنت من اقتناصه . فكذلك الذرات المشعة تدل على نفسها بالدقات التى تحدثها في عداد جيجر .



وتزداد التجارب التى تجرى يوما بعد يوم في معامل البحوث والمستشفيات في كافة أنحاء البلاد ، مستخدمة الذرات المشعة التى تنتجها المفاعلات النووية .

جسمك بعد عام

وقد أوضحت احدى تلك الدراسات الشيقة أنك لن تتألف من نفس الذرات بعد عام من الآن ، اذ تستبدل حوالى

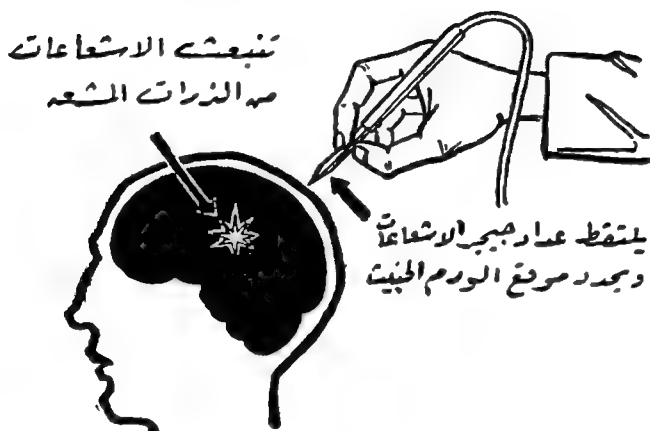
٩٨٪ من ذرات جسمك بذرات أخرى تناولتها في تنفسك وطعامك وشربك . وقد تعين مثل هذه الفكرة عن التغيرات الذرية في الكائنات الحية الأطباء على زيادة معرفتهم عن السرطان وغيره من الأمراض .

ويعتبر الكثيرون من الأطباء أن أهمية استخدام الذرات في عمليات اقتفاء الأثر في الطب تعادل اكتشاف الجرائم واختراع المجهر . فقد تكشف هذه الوسيلة الجديدة النقاب عن أسرار لم يكن من الممكن أبدا تعلمها بأى طريقة أخرى .

أورام المخ

وهاك مثالا آخر لاستخدام الذرات المشعة في الطب : طبيب يبحث عن ورم خبيث في مخ مريض على منضدة الجراحة لم تكتشفه الأشعة السينية ، وان كانت أعراض المرض تجعل الطبيب يعتقد أنه لا بد من وجود ذلك الورم . لذلك يحقنه بذرات الفسفور المشعة في اليوم السابق ، اذ أن أورام المخ تلتقط الفسفور بكمية أكبر مما جاورها من أنسجة ، دون تمييز بين الفسفور المشع والفسفور المعتاد . فاذا وجد الورم، فستوجد به ذرات متفجرة من الفسفور أكثر من المناطق الأخرى . ويبحث الطبيب عن الورم بعدد جيجر في شكل ابرة ، فتضى الأنوار على آلة العد المتصلة بالابرة ثم تنطفئ تباعا ببطء وانتظام . فيحرك الطبيب العداد بخفة وببطء خلال نسيج المخ الأغبر اللون، وفجأة تتتابع الأضواء في سرعة تنبئ

عما يزيد عن الألف من الانفجارات الذرية في الثانية — وهنا يكون الورم الخبيث ، مدفونا في الأعماق ، عسيرا اكتشافه . وعلى ذلك يستطيع الطبيب ازالته — بعد تحديد مكانه — مستخدما عداد جيجر في شكل ابرة ليوجه مبضعه في اتجاهاته .



الفرغرينا

وفي مستشفى آخر ، ترقد فتاة على منضدة الجراحة بعد حادثة هشمت ذراعها . فهل يبتز الجراح ذلك الذراع ؟ يتوقف هذا على كمية الدم الذي يجري خلالها — ولتقدير ذلك يستخدم الأطباء الصوديوم المشع ، في صورة ملح الطعام المشع المضاف الى ملح الطعام المعتاد . وكما في حالة السكر المشع لا يمكن لأحد أن يكتشف فيه أى تغير في الشكل أو الطعم . ولكن هذا الملح المشع — اذا ما حقن في الوريد — أمكن اقتفاء أثره بعداد جيجر لأن بعض ذراته تتكسر في جميع

الأوقات . فإذا كانت الدورة الدموية في الذراع كافية ، دل على ذلك العداد في بضع ثوان ، ولم يعد هناك داع للبتر .

أمراض الدم

وما هذه الا بضع أمثلة تلعب فيها النظائر المشعة دور « المخبر » في ميدان الطب . وبالإضافة الى هذا تستخدم اشعاعات الذرات ضد بعض الأمراض في محاولة التغلب عليها وراحة المرضى وإطالة أعمارهم .

فمثلا يستخدم الفسفور المشع في عدد من المستشفيات للعلاج اليومي لمرض يصيب أنسجة الدم ويعرف باسم (Polycythemia vera) . وفي هذا المرض تتكاثر كريات الدم الحمراء بسرعة أكبر من اللازم بكثير . وكانت الأشعة السينية تستخدم في العلاج بتعريض الجسم كله لها ، أما الآن فيعطى المريض عدة حقن من الفسفور المشع . وبفحص النتائج قبل الحقن وبعده يمكن بسهولة معرفة النتائج ومراقبتها . وهذه الطريقة الجديدة أسهل كثيرا من الطريقة القديمة بالنسبة للمريض وللموظفى المستشفى على حد سواء .

أمراض أخرى

وقد استخدم عدد قليل من النظائر المشعة الأخرى في علاج بعض الأمراض المختلفة . فقد استخدم اليود المشع في مساعدة المرضى المصابين بالذبحة الصدرية ، وهى حالة قلبية مؤلمة . كذلك استخدم اليود في علاج بعض أنواع سرطان

الغدة الدرقية . ويساعد الذهب المشع في بعض حالات السرطان لعلاج الأورام الخبيثة ، وفي علاج المرضى المصابين بتراكم كميات كبيرة من السوائل في فجوات أجسامهم . كذلك استخدم الاسترنتشيوم المشع بنجاح في علاج الأورام غير السرطانية وبعض أنواع سرطان العين .

علاج الحيوان

كذلك يستفيد الكثير من الحيوانات من العلاج بالنظائر المشعة . فترى في الصورة بيطريا يستخدم الاسترنتشيوم المشع في علاج ورم في عين الحصان .



اورام المخ والصدر

وفي مدرسة «هارفارد» الطبية، ومستشفى «ماساشوستس» العام ، يستخدم « جهاز اقتفاء البوزيترون » ^(١) لتحديد

Positron Scanner (١)

موقع الأورام الخبيثة في المخ دون فتح الجمجمة . فتحقن كمية قليلة من الزرنيخ المشع في وزيد المريض ، وبعد عدة ساعات تحدد مواقع الزرنيخ المشع بواسطة « العدادات الومضانية » ^(١) . وبرسم خريطة للمخ يمكن بيان مكان تركيز الزرنيخ . ولما كان الورم السرطاني يمتص من الزرنيخ المشع أكثر من النسيج المعتاد ، فيمكن بهذه الطريقة تحديد موقعه وحجمه بنجاح في أكثر الأحوال .

وقد شخصت أورام الصدر السرطانية باستخدام اليوتاسيوم المشع الذي يتركز في الأورام السرطانية بدرجة أعلا بكثير من الأنسجة غير السرطانية .

زيادة لمستشفى ذرى

وتدخل بعض النظائر المشعة الموجودة في الصيدلية الذرية في بحوث السرطان بمستشفى « أولك ريدج » ، تحت اشراف الدكتور « مارشال بروسر » الرئيس الطبى لمعهد أولك ريدج للدراسات النووية . ولعل معهد بحوث السرطان هذا من أول المستشفيات الذرية في العالم .

وهناك مستشفى ذرى آخر يشغل ثمانية أدوار ويقع على أرض جامعة شيكاغو . وتصله شحنات النظائر المشعة المتخلفة في رماد الأفران النووية الواقعة على بعد ثلاثين ميلا

فى أقل من نصف ساعة . وقد افتتح « مستشفى أرجون
لبحوث السرطان » هذا فى ١٤ مارس سنة ١٩٥٣ تحت إدارة
الدكتور « ليون چاكوبسون » . وقد دفعت لجنة الطاقة
الذرية مبلغ ٢٠٠.٠٠٠ دولار لتغطية نفقات بنائه ، كما
تدفع الأموال اللازمة لتشغيله مع اشراف جامعة شيكاغو
عليه . وفى هذا المبنى — من قمته الى قاعدته — تعلن الحرب
ضد السرطان دون هوادة ولا توقف .

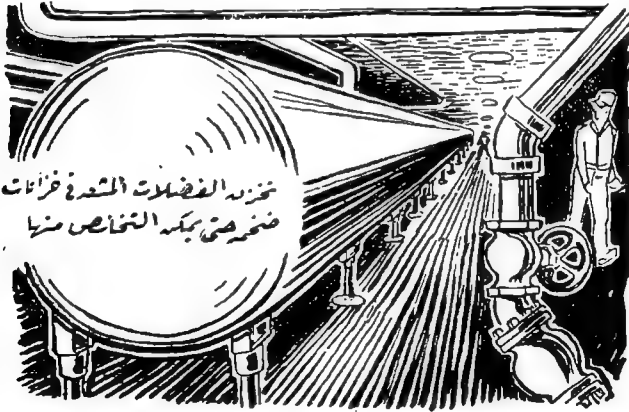
ومنذ دخولك باب المستشفى ، تحس أنه يختلف عن غيره
نظرا للاحتياطات التى يجب اتخاذها لحماية الأطباء والمرضات
والزوار أنفسهم من النشاط الاشعاعى الضار . فيضع الأطباء
والمرضات الذين يتعرضون للاشعاعات كل يوم بطاقة على
صدورهم بها فيلم يجب تعميضه لتقدير كمية التعرض اليومى
وتحفظ تلك الكميات فى سجل خاص للتأكد من أنها لم تتراكم
لدرجة أعلا من حدود الأمان . وتشبه هذه البطاقات تلك
التى يلبسها العمال فى كثير من المشروعات الذرية . كذلك
يحملون فى جيوبهم مقاييس للجرعات تشبه أقلام الحبر ،
يمكن قراءتها فى أى وقت من النهار لبيان كمية الأشعة
التى يتعرضون لها .

ويجرى فحص كل العاملين بهذا المستشفى الذرى وزواره
عند مغادرتهم له للتأكد من أنهم لم يلتقطوا أى اشعاعات
خطيرة .

ولكن ينبغي ألا تخاف من زيارة المستشفى الذرى ،
لأنك ستنال الوقاية الكاملة من الكميات الخطيرة من الأشعة .
فاذا بدأت زيارتك بقاعدة المبنى لرأيت بعض اجراءات
الاحتياط التى تجعل العمل فى المستشفى مأمونا . فهناك دوران
تحت الأرض ، فالأرض نفسها تساعد على احتجاز الأشعة .

الدور الثانى تحت الأرض

ويبعد الدور الثانى تحت الأرض عن سطحها ١٩ قدما ،
وهنا نجد آلات تسخين البناء ، وامداده بالماء الساخن ، والهواء
المضغوط وغيرهما من الخدمات ، والى جوارها خزانات مبطنة
بالزجاج تتسرب فيها المخلفات المشعة . فهناك بعض المواد



« الساخنة » تفقد نشاطها الاشعاعى بعد فترة قصيرة من الزمن
ويمكن لذلك تفرغها فى البالوعات المعتادة مباشرة . ولكن

الفضلات الأقوى يلزم تعبئتها في سيارات شحن لنقلها الى
معمل أرجون القومى ، ومن هناك يرسل أخطرها الى
« مدفن ذرى » حيث تدفن عميقا في جوف الأرض .

وفى ذلك الدور أيضا حجرتان « ساختان » ، مليئتان
بالاشعاعات المستمرة ، لتدرس فيهما آثار الأشعة على
الحيوانات التى توضع داخلهما خصيصة لتلك الدراسة .

وفى نفس الدور كذلك آلات كهربائية ذات ضغط عال ،
تسرع الجسيمات الذرية ، وتستخدم أشعتها في بحوث
السرطان .

غرف علاج السرطان

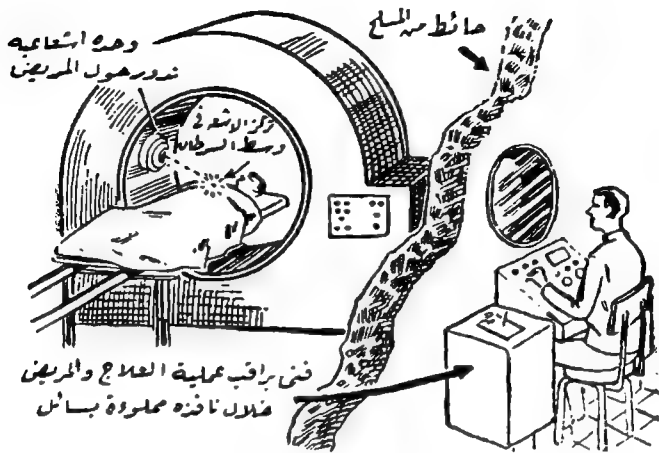
فالسرطان مجموعة همجية من الخلايا لا يخضع نموها
لقانون أو نظام ، ولا يمكن التحكم فى ذلك النمو أو الحد
منه ، وانما يمكن اهلاك الخلايا السرطانية ومعها الخلايا الحية
بواسطة الأشعة . ولما كانت الخلايا السرطانية تنمو وتنقسم
بسرعة ، فانها أكثر تعرضا للأشعة من أكثر الخلايا الحية فى
جسم الانسان . ولذلك شاع استخدام الأشعة السينية
والأشعة المتولدة من الانفجارات الذرية للرايوم لعلاج
السرطانات . فبتسليط الأشعة على مركز الورم وتحديد
كميتها ، يمكن تكيفها بحيث تتسرب خلال الأنسجة السليمة
دون أن تصيبها بضرر بالغ ، وفى نفس الوقت تصل بدرجة
مركزة الى الورم العميق .

وهناك طرق أخرى لارسال قذائف أشد قوة وأهلاكا للسرطان ، وأقل اضرارا بالأنسجة الحية الأخرى . فهناك أنواع من الأجهزة تلف المريض حول نفسه ، وهناك أخرى تدور هي حوله ، بحيث يتلقى الورم كمية من الأشعة أكثر تركيزا واهلاكا مما تتلقاه بقية أجزاء الجسم . وتسלט آلات أخرى قذائف اليكترونية الى السرطان تبلغ قوتها ٥٠ مليون فولت . ومن الأجهزة الجديدة وحدة دورانية للعلاج بالكوبلت ترسل أشعة تعادل ما ينبعث من كمية من الراديوم تبلغ قيمتها ملايين الدولارات . أما الكوبلت ٦٠ هذا (الكوبلت المشع) فيمكن انتاجه في المفاعل النووى ، ولذلك فهو أرخص بكثير من الراديوم النادر الذى يجب استخراجة من المناجم وشغله وتنقيته .

ويمكن للزائر أن يشاهد المريض أثناء علاجه بهذه الوحدة الدورانية للعلاج بالكوبلت ٦٠ ، ولكنه لا يبقى فى نفس الغرفة ، وانما يشاهده مع القائم بتشغيل الوحدة خلال نافذة خاصة سمكها قدم ونصف مملوءة بمادة كيميائية هي بروميد الزنك . وهذه النافذة تحميها ، ولا تحجز عنها المنظر ، وان كانت تحجز عنها الأشعة . فلو بقى الطبيب أو مساعده فى نفس حجرة المريض لتراكت فى جسمه كميات خطيرة فتاكة من الاشعاعات .

أما المريض فسيستلقى فى فتحة الآلة المستديرة على نقالة ، ويصب حوله جبس يقيه تماما فى الوضع الصحيح للعلاج

بحيث يتجه شعاع الكوبلت في هذه المرة وفي المرات التالية نحو نفس المكان من جسمه : وهو مركز الورم .



ويحيط بالكوبلت في ذلك الجهاز وعاء من معدن اليورانيوم في شكل الجردل ويزن ٨٥٠ رطلا ليحمى بقية جسم المريض من أشعة الكوبلت المنبعثة من الجهاز أثناء دورانه حول المريض مرتين في كل ثانية — وتؤدي هذه الكمية من اليورانيوم دور ٣٣٠٠ رطلا من الرصاص ، وهي المادة التي تستخدم في أجهزة العلاج الأخرى لاييقاف الأشعة القوية المتناثرة من الكوبلت . ومع هذا تماس تلك الأشعة غير المرئية مساحة كبيرة نسبيا من الأنسجة السليمة ، ولكنها تتركز دائما في منطقة كراس الدبوس ، لأن هذه الترتيبات تجعل الورم في مركز دائرة الاشعاعات . وبهذه الطريقة تصل الى خلايا الورم كميات من الأشعة المهلكة أكبر كثيرا مما

يصل الى الأنسجة السليمة المحيطة به . وقد استخدمت هذه الآلة أولا في ربيع عام ١٩٥٤ ، ومع هذا فقد ثبت أن نتائجها في هذه الشهور القليلة أفضل حتى مما تمنى الأطباء تحقيقه .

وفي حجرة علاج السرطان وغيرها من غرف الدور الثاني تحت الأرض ، يستخدم الأطباء آلات أخرى جديدة لزيادة معرفتهم عن مرض السرطان الذي يعالجه .

الدور الأول تحت الأرض

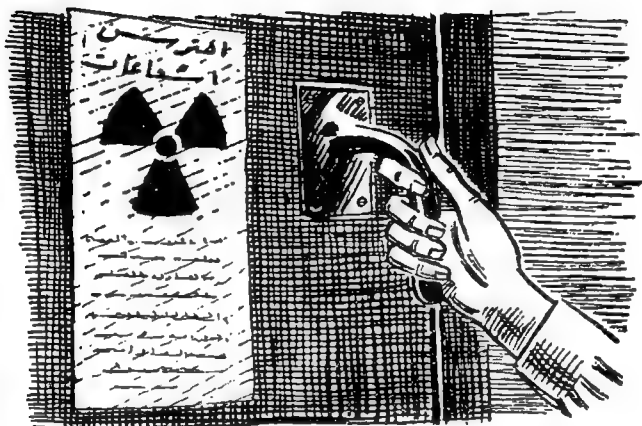
أما في الدور الأول تحت الأرض فيوجد كهف يمكن الاشتغال فيه بالنظائر « الساخنة » بطريقة الاشراف عن بعد . والى جواره بنك للذرات « الساخنة » يحتفظ فيه بالنظائر المشعة في عبوات من الرصاص ، توضع داخل أنابيب من الصلب ، حولها جدران من المسلح القوي سمكها تسعة أقدام . وبالإضافة الى « مخزن الأدوية الذرية » وعدد من المعامل ، توجد مغسلة « ذرية » في ذلك الدور . وفيها يفحص النشاط الاشعاعي لكل ملاءة ومنشفة وقفاز وكل قطعة من قطع الغسيل « بعدادات جيجر » ، فإذا دلت دقاتها على الخطر غسلت وجففت في هذه المغسلة « الساخنة » ، فتزول منها الأشعة حتى قبل أن ترسل للمغسلة المعتادة . أما الأحذية والملاءات وغيرها من الأشياء « الساخنة » جدا فتخزن حتى يتكسر عدد كاف من ذراتها غير الثابتة لاقبال نشاطها الاشعاعي الى حد الأمان .

أما فى الدور الأول من مستشفى « أرجون » لبحوث السرطان فتقع المكاتب الادارية والورش التى تصنع فيها الأنواع الجديدة من الأجهزة . ويمتلىء الدور الثانى بالمعامل والمكاتب . وفى هذه المعامل يقوم الأطباء بدراسات خاصة للمشاكل المتعلقة بالسرطان والاصابات التى تسببها الأشعة .

وإذا أردت زيارة مريض ، فستجده فى الدور الثالث أو الرابع من المستشفى ، ومجموع الأسرة فىهما خمسون فقط ، ولذلك يختار الأطباء الحالات بعناية حسب حالة المريض وملاءمتها لبرنامج البحوث .

وعندما تسير عبر الطرقات ترى الأرض مغطاة باللدائن، وترى على أبواب الحجرات لافتات عليها اسم المادة المشعة التى استخدمت فيها ، ومتى استخدمت ، وكيف كانت شدة الاشعاعات . فتبين احدى اللافتات مثلاً أن الذهب المشع قد استخدم فى تلك الحجرة ، وتبين أخرى أنه الفسفور المشع ، وتبين ثالثة أنه الكروم المشع . وترتدى هيئة المستشفى ملابس خاصة وقفازات من المطاط ، وفى بعض الأحوال يرتدون أحذية طويلة من اللدائن فوق الأحذية العادية قبل دخول الحجرات حرصاً من أن تكون ملوثة — ولا يسمح للزوار عادة بدخول أمثال تلك الحجرات قبل أن تمر ثمان وأربعين ساعة . وليس هذا لوقاية الزائر بقدر ما هو لوقاية بقية المستشفى من التلوث

الذى قد يتضاعف ويتراكم اذا ما نشر عدد من الناس حتى ولو كميات ضئيلة من الحجرات الى الصالات . ولنفس السبب نجد أن سمك الحوائط التى تفصل بين غرف المرضى ثمانى بوصات من المسلح ، ونجد الأرض من اللدائن ليسهل تنظيفها .



مريض بالغدة الدرقية

وقد يسمح لك بزيارة المريض الذى سيفادر المستشفى قريبا ، لأن غرفته لم تعد « ساخنة » ، وستلقاه مستريحا فى وسط بهيج فى غرفة زينت حوائطها بدرجتين من اللون الأخضر .

وتراه مشتاقا ليقص عليك قصة « شرايه الذرى » الذى كان يحوى اليود المشع . فقد كانت غدته الدرقية — وهى

الغدة التى تقع عند قاعدة الرقبة — لا تعمل بانتظام . فالغدة الدرقية السليمة تمتص من اليود حوالى ٨٠٠ ضعف ما تمتصه الأجزاء الأخرى من الجسم من اليود ، وتمتص الغدة المريضة اليود بسرعة أكبر أو أقل من السرعة المعتادة . ولتقدير تلك السرعة يشرب المريض جزءا من مائة مليون من الأوقية من اليود مذابا فى محلول لا يختلف طعمه عن الماء . ويستخدم الطبيب ماسكا معدنيا عندما يعطى « المشروب الذرى » للمريض ، لأن الطبيب يتعرض باستمرار للأشعة المهلكة كلما أعطى ذلك المشروب للمرضى ، وتتراكم آثارها فى جسمه . أما المريض فلا يتعرض لها الا مرة واحدة لفترة قصيرة ، ولذلك يستطيع أن يكون آمنا اذا شرب اليود المشع الذى أضيف بدقة الى كوب الماء .



والغدة الدرقية — سليمة كانت أو مصابة — تمتص اليود المشع بنفس السرعة التى تمتص بها اليود المعتاد . وبعد

بضع ساعات من شرب المريض لتلك الذرات ، تكون الغدة قد امتصت أكثر النشاط الاشعاعى . ومن وقت لآخر تقاس كمية الأشعة بوضع « عداد جيغر » مباشرة فوق رقبتة في منطقة الغدة . ومن دقائق العداد يقدر الأطباء ما اذا كانت غدته الدرقية تمتص يودا أكثر من المعتاد أو أقل .

ادوار الأبحاث

وقبل أن تغادر المستشفى تزور الدور الخامس حيث تجرى بحوث أخرى . ففى بعض الدراسات يستخدم الكربون والهيدروجين المشعين والرادون . وباستخدام النظائر المشعة واقتفاء أثر المواد الكيميائية التى تحويها ، يدرس الأطباء المواد التى يمكن أن تسبب السرطان ، والتى يمكن أن تزيل أنسجة الأورام الخبيثة .

أما الدور السادس « فمزرعة للحيوانات » ، تعيش فيها الفيران والأرانب والأرانب الهندية والجرذان فى راحة وفى حجرات مكيفة الهواء ، بحيث تكون فى متناول يد الباحث عند حاجتهم اليها . ويولد كل أسبوع حوالى ألف فأر من كل نوع ، يستخدم كثير منها فى تجارب الاشعاعات . فيعرض بعضها مثلاً للأشعة السينية من جهازين قوة كل منهما ٢٥٠ر٠٠٠ فولت . ويعطى بعضها الآخر المواد المشعة . وقد تجرى عليها عمليات جراحية فى حجرة الجراحة .

أما الدور السابع وهو دور السطح فيحوى آلات دفع الهواء وتسييره فى المبنى وإزالة الغازات المتخلفة فيه .

وفي كل دور تلقى الوقاية من أشعة الذرات المتحطمة اهتماما زائدا — فيلعب اختصاصي الطبيعة الصحية دور «المخبر» ، يطوف في المستشفى ومعه «عداد جيغر» ، ويحفظ كشف حساب دقيق يومية لما يتعرض له كل عضو من أعضاء هيئة المستشفى من الأشعة . فالأشعة خطيرة ، ولو أنها تعالج بعض السرطانات ، الا أن التعرض المزمّن لها دون احتياط قد يسبب هو نفسه السرطان .

أجهزة أخرى للسرطان

كذلك تتخذ احتياطات مشابهة في مستشفى «بروكهاغن» القريب من معمل «بروكهاغن» القومي في «لونج آيلاند» بنيويورك . وهنا يستخدم الكوزموترون الهائل وغيره من محطات الذرة لزيادة المعرفة بالسرطان . ففي إحدى طرق العلاج تحقق بلايين من ذرات البورون غير المشعة في دم المرضى المصابين بأورام في المخ ، فتتجمع تلك المادة في الورم مفضلة اياه عن الأنسجة السليمة . ثم يعرض المريض للنيوترونات المتولدة من المفاعل النووي في معمل «بروكهاغن» التابع للجنة الطاقة الذرية . فتتفلق النيوترونات ذرات البورون مكونة ذرات أصغر ذات نشاط إشعاعي وتهاجم الطاقة المتولدة في هذه العملية خلايا الورم الخبيث ، فتهلك الأنسجة المريضة . ويبدى المرضى الذين يعالجون بهذه الطريقة تحسنا محققا رغم أن العمل ما زال حتى الآن في دور التجربة .



وقد أعلن رجال العلم حرباً شعواء ضد هذا المرض في مستشفيات بحوث السرطان التي تعينها لجنة الطاقة الذرية ، وفي معاهد البحوث التي تقوم على موارد أخرى ، وفي المستشفيات الخاصة . وفيما يلي بضع أمثلة أخرى على النواحي التي تعين فيها النظائر المشعة من الأفران النووية .

ففي جامعة كاليفورنيا في باركلي يقوم جهاز للأشعة الجيمية بتفريس جسم المريض كله جزءاً جزءاً ، للتغلب على الأنسجة السرطانية التي تكون قد تسربت وانتشرت في جسمه من الغدة الدرقية المصابة .

وفي عدد قليل من المستشفيات في أجزاء مختلفة من الولايات المتحدة وكندا ترسل وحدات كوبلتية علاجية ، تسمى « الثيراترون » ^(١) ، أشعتها الفتاكة ضد السرطان .

Theratron (١)

وقد ابتكر هذا الجهاز نتيجة لعمل رجال الطبيعة في مستشفى «فرانسيس ديلافيلد» بنيويورك بالاشتراك مع شركة الطاقة الذرية الكندية . وهناك وحدة دورانية للعلاج بالكوبلت في مستشفى «لانتناو» بمدينة «فيلادلفيا» بولاية بنسلفانيا ، تستخدم الكوبلت ٦٠ الناتج من مفاعل «تشوك ريفر» بكندا ، وترسل اشعاعاتها ضد الأورام والسرطانات المتعددة الأنواع . وهذه الأشعة تعادل ما ينبعث من كمية من الراديوم قيمتها ٥٠ مليون دولار ، وهذا أكثر مما سبق أن خصص للأغراض الطبية في أى وقت من الأوقات . أما تكاليف الوحدة كلها بما فيها الكوبلت فتبلغ حوالى ٧٥٠٠٠ دولار ، وقد تأتى هذا كله نتيجة لاكتشاف الانسان لكيفية فلق الذرات والتحكم فيها .

ويمتاز الكوبلت ٦٠ عن الراديوم فى بعض النواحي ولكنه لا يعيش طويلا مثله . فمهما زاد عدد المرضى الذين يعالجون من أنبوبة الكوبلت أو قل ، فإن نصف ذرات الكوبلت تتحول الى ذرات النيكل الثابتة بعد خمس سنين وثلاثة شهور وثمانية عشر يوما ، فى حين أن الراديوم لا تتحطم نصف ذراته الا فى ١٦٠٠ عام . ومع هذا يتميز الكوبلت بأنه يمكن استبدال أى كمية منه بعينة طازجة قوية فى أى وقت من الأفران النووية .

ويحضر «بطهو» الكوبلت ٥٩ فى الفرن الذرى . وعندما «ينضج» — أى عندما يتحول الى كوبلت ٦٠ — يوضع فى قاع حوض به عشرة أقدام من الماء ، ثم ينقل منها بالأجهزة

الآلية التي يمكن تشغيلها عن بعد الى وعاء خاص . ومنذ ذلك الحين يبدأ في فقدان نشاطه الاشعاعي ، ويلزم وضعه في وعاء من الرصاص أو معدن اليورانيوم لحماية المشتغلين به من أشعته . فلا يسمح لها بالتسرب الا عندما توجه الى الخلايا المصابة .

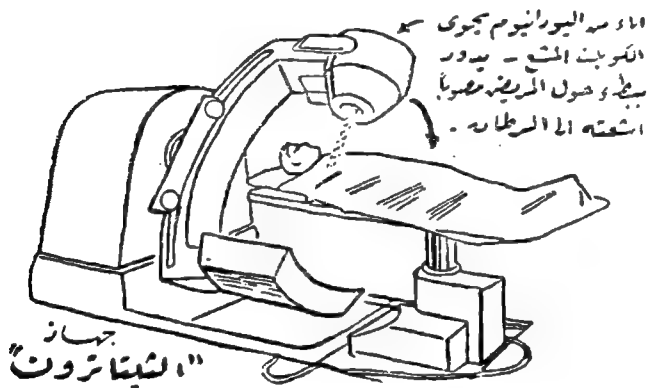
وبالرغم من أن نتائج استخدام النظائر المشعة في علاج السرطان لم تكن مثيرة الى الحد الذي أمله البعض ، فإن أشعتها شقت طرقا جديدة فسيحة نحو العلاج الناجح لذلك المرض . ويستعين العلماء بالاشعاعات القوية التي تنبعث من الأفران النووية مباشرة وبالنظائر المشعة معا في حربهم ضد هذا المرض وغيره من الأمراض .

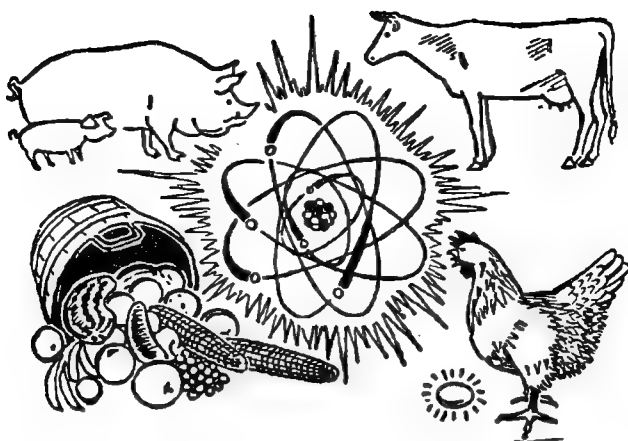
واننا لم نستعرض في هذا الباب الا بضع أمثلة لمساهمة الطاقة الذرية في الطب . وقد أدت النظائر المشعة الى مئات من مظاهر التقدم ، ومنها استخلصت أفكار جديدة عن الشلل المخي ، والتشنج والغدد الصماء ، وكثير غيرها من الأمراض .

كما ازدادت معرفتنا عن الأنواع المختلفة لفقر الدم باستخدام الذرات المشعة في كريات الدم الحمراء . فهي تساعد الأطباء على دراسة تكوينها وحياتها وفنائها في الجسم . ويرجع الفضل للنظائر في اضطراد نجاح وسائل تحضير الدم

لعمليات النقل ، ووسائل تحضير بدائله كذلك . وقد أدى استخدامهما في هذا الميدان وحده الى توفير آلاف الأرواح وملايين الدولارات .

وقد تؤدي التطبيقات الطبية للنظائر المشعة والاشعاعات المنبعثة من الأفران الذرية نتيجة لمشاريع لجنة الطاقة الذرية الى أعظم التطورات العلمية في تاريخ الطب الحديث .





الزراعة الذرية

انتشرت في كثير من البلاد « مزارع ذرية » ، يحاول العلماء فيها تحسين سلالات النباتات، أو اكتشاف طرق أفضل لاستخدام المخصبات ، أو للتخلص من الحشرات ، أو زيادة معرفتهم عن الطرق التي يصنع بها النبات الطعام . يستخدم كثير منهم الطاقة الذرية لزيادة معرفتهم عن حيوانات الحقل ، حتى يمكن أن تزداد قيمتها وفائدتها للفلاحين ولكنك لست في خطر من أن تمر بسيارتك أمام حقل مشع ، أو أن تتسلم في الصباح زجاجة من اللبن المشع . ولن تبيض دجاجات المزارع الذرية بيضا مشعا يباع في المحلات . فاليوم

تقوم بالعمل في « الزراعة الذرية » منظمات كبرى للبحوث ، وتلعب الحكومة في المعامل القومية مثل « بروكهاغن » و « آرجون » و « أوك ريدج » دورا رئيسيا في هذا البرنامج وقد استخدمت كثير من الكليات والجامعات ومراكز البحوث الزراعية الكبرى النظائر في مزارعها التجريبية . أما الفلاحون فلن يستخدموا الذرات بأنفسهم ، ولكنهم سيستفيدون كثيرا من الدراسات التي يجريها أولئك الباحث باستخدام تلك الوسائل الجديدة .

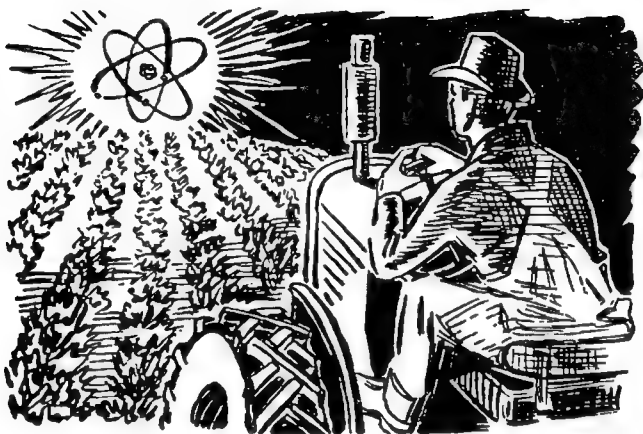
الأسمدة الذرية

انتشرت — بعد الحرب الأخيرة بعدة سنوات — اشاعات بأن الأسمدة المشعة ستحقق المعجزات في التربة ، وعند ذلك اشترى كثير من الفلاحين بعضها وخلطه بسماده العادى .

وقد تعاونت لجنة الطاقة الذرية والمحطات الزراعية الحكومية على اختبار الخصائص التي ألصقت بالسماد المشع ، فلم يثبتوا فقط أنها خاطئة وهمية ، وانما حذروا أيضا من الأخطار التي قد تنشأ من الغبار الذى يثار أثناء تحضير الأسمدة لاستخدامها في الحقول . فقد يستنشقه الفلاحون فيدخل في رئاتهم حيث يبقى ، أو ينتقل الى عظامهم . وبالرغم من أن درجة النشاط الاشعاعى لذلك الرماد ضئيلة جدا ، فقد يؤدى الاستمرار في استنشاق الرماد الى أشد الأخطار . وقد

أدى اكتشاف حقيقة الأسمدة المشعة الى حماية كثير من
الفلاحين من تضييع نقودهم أو حتى فقدان حياتهم .

أما تجارب الأسمدة المشعة التي تجرى بإشراف الحكومة
فتوفر للفلاحين مبالغ ضخمة من المال كل عام ، وتحسن



منتجات المزارع التي تصل المستهلكين . فقد أثبت أحد
البحوث التي أجريت في كلية « شمال كارولينا » أن سماد
السوبر فسفات الذي كان يرش على الأرض في حقول الدخان
ليست له آثار قوية على نمو ذلك النبات وبذلك يتوفر حوالى
٤٠٠٠ طن من سماد الفسفات كانت تستخدم في تسميد الدخان
كل عام .

ولما كان الفلاحون في الولايات المتحدة ينفقون أكثر من
مليون دولار كل عام على الأسمدة ، فقد وضعت برامج

للبحوث تسخر فيها النظائر لاكتشاف كيفية الافادة منها الى أقصى حد . فبالذرات المشعة يمكن تحديد كمية ونوع أفضل الأسمدة بالنسبة لكل محصول ، واختيار أنسب الأوقات وأفضل الطرق لاستعماله . أما قبل توفر الذرات المشعة لمثل تلك البحوث ، فقد كان من الصعب تقدير قيمة السماد نتيجة للتفاوت في العوامل المختلفة مثل سقوط المطر ودرجة الحرارة والأمراض . أما الآن فيستطيع رجال العلم تتبع ذرات الأسمدة من التربة الى النباتات ، وبقياسها يمكن بالدقة تحديد كمية الأسمدة التي تمتصها النباتات ، والفترة التي تستمر فيها خصوبة تربة معينة .



سلالات جديدة من النباتات

وقد أجريت بعض البحوث لتحسين سلالات النباتات بواسطة النشاط الاشعاعي . فقد عرف العلماء منذ زمن بعيد

أن التعرض لأنواع معينة من الاشعاعات يحدث تغيرات تورث من جيل الى جيل ، وتسمى هذه التغيرات « بالطفرات » . فبتعرض حبوب الشوفان للنيوترونات ، نجح الدكتور « كالثن كونزاك » من معمل « بروكهافن » القومى فى تخليق نوع من الشوفان يمكنه مقاومة المرض المعروف باسم الصدأ . وفى عام ونصف تمكن من « تفصيل » بذرة تطابق احتياجات معينة . ولو استخدمت الطرق القديمة للتوليد ، لاستغرق هذا البحث عشر سنوات على الأقل ، ولتكلف مالا أكثر بكثير .

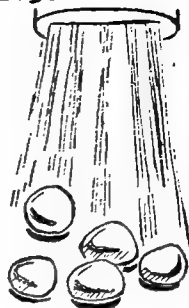
فاذا حاول باحث انتاج نوع من الذرة يقاوم مرضا كآفة الأوراق (وهو مرض يبلغ من الشدة فى « فلوريدا » أثناء الشتاء حدا يجعل من الضرورى تطهير ٢٥٠٠٠ فدان من نبات الذرة كل عام) ، فان مثل تلك السلالة التى يستنبطها ستوفر الكثير من الجهد والمال اللازم لعملية التطهير .

فباشعاع بذور الذرة فى « بروكهافن » أثناء الصيف ، وزراعة محصولها فى « فلوريدا » فى الشتاء التالى ، يمكن اجراء اختبارات فى أقل من عام لمعرفة ما اذا كانت السلالات الجديدة قد زادت مقاومتها أم لا . والمعروف أن الطفرات تحدث ببطء جدا فى الطبيعة ، ولكن الاشعاعات هى التى تساعد على اتمامها بسرعة كبيرة .



٢ - تخفيف الزهر الناتجة
من الحبوب التي عرضت
للأشعة مع حبوب
مقاومة
للمرض

١ - تعرض صوب الزهر
للأشعة



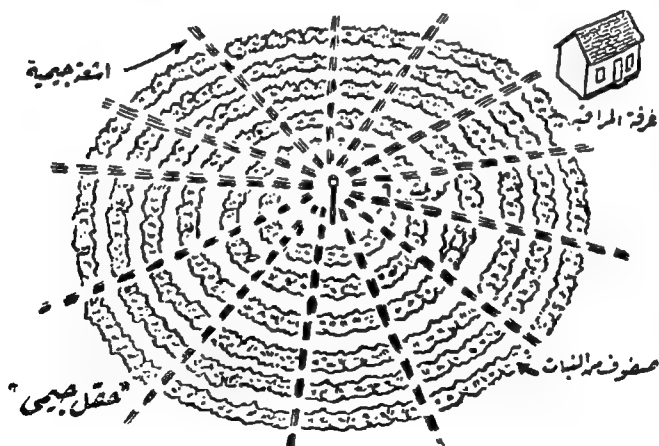
وليست مقاومة الأمراض الهدف الوحيد لآحداث الطفرات بواسطة الأشعة . فقد « صنع » نوع من الفول السوداني يزيد محصول القدان الواحد منه بمقدار ٣٠٪ عن المعتاد . كذلك أنتج نوع آخر حجمه وشكله أكثر ملاءمة لآلات الحصاد . وما هذه الا بضع أمثلة على الطفرات التي تسببها الذرات المشعة .

وليست كل الطفرات نافعة . فعندما يزرع محصول في حقل معرض للأشعة ، تنتقي النباتات التي حدثت بها الطفرات المرغوبة ، وقد يحدث ألف من الطفرات غير المرغوبة لكل طفرة واحدة تنتج نوعا من المحاصيل أفضل من النوع الطبيعي .

الحقل الذري

ومن طرق تعريض النباتات للإشعاعات استخدام «الحقل الجيمي» . فقد ترى حقلا من الذرة مساحته ثلاثة فدادين

يبدو طبيعياً جداً ، ولكن الأشعة غير المرئية التي تسرى بين نباتاته قد تضررك إذا دخلته . ففي وسط مثل ذلك الحقل توجد كمية صغيرة من الكوبلت ٦٠ داخل أنبوب من الصلب غير القابل للصدأ . وهو نفس الكوبلت ٦٠ الذي انتشر استخدامه في الصناعة كبديل للراديووم وللأشعة السينية ، وهو نفس الكوبلت ٦٠ الذي يرسل أشعته ضد السرطان . ويتصل الكوبلت ٦٠ الموجود في وسط الحقل الذرى بغرفة المراقبة الموجودة في ركن الحقل بواسطة سلك . ولا يسمح لأحد بدخول الحقل الا اذا أنزل الكوبلت ٦٠ في غلافه المصنوع من الرصاص في باطن الأرض ، لأن الاشعاعات التي تحدث الطفرات في النباتات قد تضر الانسان .



ويزرع في حقل من هذا القبيل مساحته عشرة أفدنة أنواع عديدة مختلفة من الأشجار والشجيرات والأعشاب حول مصدر

للأشعة في مركز الحقل ، وتنزع الفصون التي تحمل أنواعا غريبة من الفاكهة ، ثم تطعم في أشجار طبيعية .

البنيسلين

وكذلك قد يستفيد الانسان من الطفرات التي تحدث في النباتات الضئيلة جدا . فأكثر البنيسلين ينتج اليوم من سلالة من الفطر تولدت من الطفرات التي سببتها الأشعة .

وهذا الاسراع الصناعى للطفرات يمثل بداية عهد جديد في الزراعة ، يبعث الآمال في انتاج كثير من الأنواع الجديدة من النباتات التي تفضل الأنواع المعروفة .

دراسة عادات الحشرات

وهناك طريقة أخرى لمحاربة أمراض النبات. فبينما يحاول الانسان انتاج نباتات تقاوم المرض ، تنتج الطبيعة أنواعا جديدة من الكائنات الحية تسبب الأمراض . وللمساعدة على محاربة تلك الأمراض ، يتكرر الانسان كيمياويات ومضادات جديدة للفطريات ، ويدرس الحشرات التي تصيب النباتات .

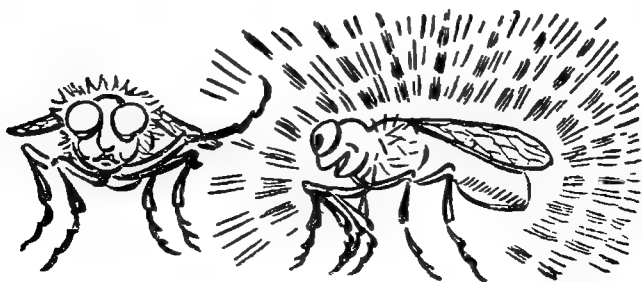
وتساعد الذرات « الساخنة » على الحصول على المعلومات الضرورية ، عن بعض العادات في حياة الحشرات التي طالما حيرت العلماء والفلاحين على حد سواء . فمثلا أعطى شراب يحوى الفسفور المشع لآلاف من الذباب الظمآن ، فكان هذا بمثابة « علامة » يمكن التعرف بها على تلك الحشرات ،

نتيجة للإشعاعات التي تنبعث من الذرات التي تتحطم في أجسامها . ثم وضعت مصائد خاصة على مسافات متفاوتة من البقعة التي انطلق منها الذباب . وبفحص الذباب المصاد أمكن معرفة أنه يستطيع الانتقال حتى أربعة أميال في اليوم الأول ، كما وجد أن بعضها انتقل مسافة كلية طولها ٢٨ ميلا من المزرعة التي أطلق منها . ويستطيع العلماء إيجاد طرق أفضل للقضاء على الحشرات بزيادة معرفتهم عن عادات حياتها .

تقييم ذكور الحشرات

كذلك تبيض اناث الديدان اللولبية في القطوع والشروخ الموجودة في المواشي والحيوانات الأخرى . وعندما يفرخ البيض تتغذى الحشرة الدودية على لحم الحيوان مسببة قروحا قد تؤدي الى الوفاة . ويسبب ذلك الذباب خسائر كل عام تقدر بملايين الدولارات .

ولقد كانت الاشعاعات سلاحا ضد هذه الحشرات ، فجمعت أعداد كبيرة من ذكورها ، وعقمت بتعريضها للكوبلت

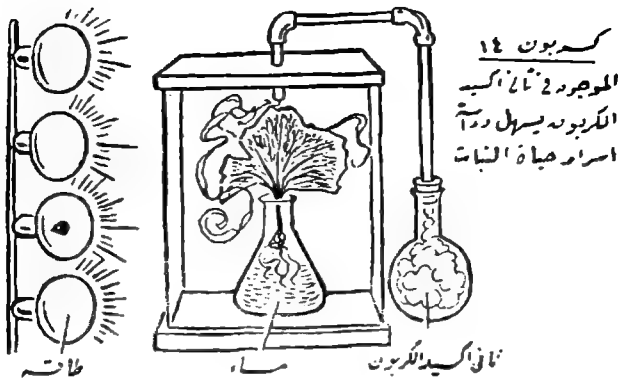


ولما كانت الاناث تتلقح مرة واحدة، فان ما يتلقح منها بواسطة الذكور المعقمة يضع بيضا لا ينمو . وباطلاق أعداد كبيرة من الحشرات المعقمة فانها تضع بيضا لا يفقس .

وتستخدم النظائر المشعة في عدد من المشروعات الأخرى في الولايات المتحدة لزيادة معرفة عادات حياة بعض الحشرات كالسوس ، ودودة اللوز القرمزية ، والخنافس النباتية ، وسوس خشب الصنوبر وغيرها .

تقليد النبات في صنع الطعام

وقد وجهت هذه الجهودات كلها نحو تحسين انتاج الغذاء بواسطة النباتات النامية . ويحلم كثير من العلماء بصنع الطعام مباشرة من ثاني أكسيد الكربون والماء والطاقة ، كما تفعل النباتات . وتعرف طريقة صنع النباتات للطعام باسم عملية « التثبيد الضوئي » . وهي عملية غاية في التعقيد والغموض ، كما أنها عملية غاية في الأهمية ، فبدونها يموت الناس جوعا . وقد كشفت بعض أسرار هذه العملية باستخدام الذرات المشعة . فمثلا أوضح الكربون المشع في ثاني أكسيد الكربون تكون مادتين أو ثلاث مواد جديدة في الثانتين الأوليين بعد دخول ثاني أكسيد الكربون في النبات . وبعد دقيقة واحدة تتكون خمسون مادة مختلفة على الأقل . ولو أمكن معرفة أسرار عملية التثبيد الضوئي كلها ، لاستطاع الانسان صنع الطعام مباشرة دون الاعتماد على المحاصيل



دراسة عملية التمثيل المحضى بالذرات المشعة

والتربة ، ولاستفاد ملايين من سيئي التغذية من سكان هذا العالم . وقد يؤدي مثل هذا الاكتشاف الى تحسين مستوى المعيشة أكثر من أى اكتشاف آخر قد يتم باستخدام الطاقة الذرية .

فبالإضافة الى محاولة تقليد مقدرة النباتات على انتاج الطعام ، يدرس العلماء عملية التثبيد الضوئى ، آملين أن يساعد هذا على الاكثار من انتاج الطعام . فالمعروف أن النباتات تنام فى منتصف النهار ، فلو أمكن جعلها تنتج الطعام فى ذلك الوقت بدل النوم ، لزاد انتاج الطعام . وقد تساعدنا النظائر المشعة على الوصول الى ذلك .

البيض والالبان واللحوم

وتساعد النظائر المشعة اليوم على اكثار موردنا من الطعام بمساهمتها فى تجارب الحيوانات . ففى « أوك ريدج » مثلا

استخدم باحث" النظائر المشعة فى دراسة كيفية تكوين الدجاج للبيض ، فوجد أن بعض الطعام المشع الذى أكله الدجاج يظهر فى بيضه الذى باضه بعد أربعين يوما . فالليضة وان كانت تتكون فى جسم الدجاجة فى ثمانية أيام ، الا أنه يبدو من هذه التجربة أنه يدخل فى تركيبها بعض الطعام الذى أكلته الدجاجة قبل ذلك بأكثر من شهر . وكلما ازدادت معرفتنا عن كيفية تكون البيض ، يأمل العلماء أن يتمكنوا من مساعدة الفلاحين على زيادة انتاج البيض .

وقد أجريت اختبارات على مادة جديدة تزيد من سمنة الدجاج والخنازير باستخدام المواد المشعة . فتعطى تلك الحيوانات ذلك الدواء ليطيء غدها الدرقية ، مما يجعلها تنمو بسرعة أكثر ، ويزداد تراكم الدهن فى جسمها مع أكلها نفس كمية الطعام . فهل يوجد ذلك الدواء فى قطع اللحم بعد ذلك ، مما قد يؤثر فى صحة آكله ؟ وهل يحوى لحم الدجاج وبيضه ذلك الدواء ؟ وقد أجابت الذرات المشعة على هذه الأسئلة بالسلب ، وعلى ذلك يستطيع الفلاحون أن يطمئنوا عند استخدام ذلك الدواء لزيادة حجم خنازيرهم ودجاجهم .

وقد يستخدم الدواء أحيانا لابطاء الغدة الدرقية للأبقار ، وهذا يجعلها كسالى ، مما يؤدى الى تحويل الطاقة التى كانت تضيع فى اتجاهات أخرى الى زيادة انتاج اللبن . وقد استخدم اليود المشع فى اختبارات للبحث فى تأثير ذلك الدواء على الأبقار ، بتتبعه « بعداد جيجر » يوضع فوق غدة البقرة ، تماما

كما يوضع فوق غدة الانسان ، بحيث تدل دقاته على ما يحدث بداخلها .

ولكيفية افادة الأبقار من عناصر الغذاء لاتتاج اللبن أهمية كبرى بالنسبة للفلاحين . ويمكن دراسة ذلك بتتبع تلك العناصر الغذائية المشعة داخل أجسام الأبقار ، واقتفاء آثارها ، ودرس ما يحدث لها من تغيرات كما لو كانت تصور بالة سينما . ولاستكمال الصورة تستخدم العناصر المشعة في أبقار صناعية .

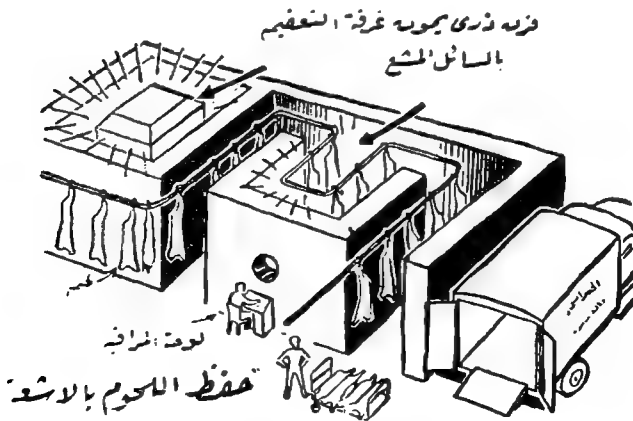
كذلك يستخدم الكبريت المشع في دراسة تكون ريش الدجاج وصوف الأغنام . وما هذه الا أمثلة قليلة عن الطرق التي تساعد فيها الطاقة الذرية على زيادة المعلومات التي تهم الفلاحين وتفيدهم . وما يفيد الفلاح يفيد العالم . وبالنظائر المشعة تحل المشاكل التي كانت تتطلب أعواما في بضع شهور أو بضع أسابيع ، كما أنها تحل مشاكل لم يمكن حلها بدونها على الاطلاق .



حفظ الطعام الطازج

هل يمكن حفظ الغذاء بتعريضه لكمية غير ضارة من الأشعة لتعقيمه ؟ في معمل « بروكهافن » القومى عرضت البطاطس للأشعة الذرية في ديسمبر من عام ١٩٥٢ ، وقد وجدت بعد عامين في حالة جيدة جدا ، في حين تصبح البطاطس التي تخزن بالطرق العادية لنفس المدة عديمة القيمة . وقد أثبتت التجارب التي أجريت في جامعة « ميتشيجان » أن البصل يمكن حفظه بنفس الطريقة . وفي هذه الحالات تظل الأطعمة المحفوظة سليمة الطعم كما هي .

أما نكهة اللحوم فيبدو أنها تتأثر بتعريضها لكميات كبيرة من الاشعاعات ، ولكن النكهة الجديدة التي تكتسبها أقل مما يتسبب عن التعبئة في العلب . ويبدو أن طريقة « بستر » اللحوم مشجعة النتائج ، وأنها تزيد من الوقت الذي يمكن تخزين اللحم فيه طازجا في محلات الجزارة من أربعة أيام إلى أسبوعين .



وقد خصص سلاح خدمة الجيش في الولايات المتحدة لدراسات وبحوث تعقيم الأغذية بالأشعة برنامجاً لمدة خمس سنوات يتكلف ملايين الدولارات . فإذا أمكن حفظ الأغذية بالإشعاعات وبالتجميد بالتعبئة في العلب ، لاستفادت من ذلك القوات المسلحة ولاستفاد منه المدنيون على حد سواء .

تعقيم الأدوية - والأدوية المشعة

وهناك أمل كبير في تعقيم الأدوية بالإشعاعات . كذلك تلعب الطاقة الذرية دوراً هاماً آخر في عالم الأدوية . فبزراعة بعض النباتات الطبية في بيوت زجاجية ذرية ، تتكون أشكال مشعة من الأدوية . فمثلاً تصنع مادة « الديجيتوكسين » - وهي دواء مهم لأمراض القلب - في أوراق « الديجيتالا » . فتزرع تلك النباتات في بيوت زجاجية محكمة الغلق مكيفة الهواء ، تحوى غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يحوى الكربون المشع ، فيستنشقه النبات كما يستنشق غاز ثانى أكسيد الكربون المعتاد من الهواء . وتدخل الذرات المشعة أجزاء النبات المختلفة ، حتى توجد في « الديجيتوكسين » النقى الذى يحضر منها .

ويمكن اقتفاء أثر « الديجيتوكسين » في جسم الإنسان لمعرفة طول مدة احتجازه فيه . وقد أثبتت التجارب التى أجريت تحت إشراف الدكتور « جيلنج » بجامعة شيكاغو أن الدواء يحتجز في الجسم مدة تتراوح بين أربعين وسبعين يوماً ،

وهذا أطول بكثير مما كان يعتقد العلماء . وبمثل هذه المعلومات يتمكن الأطباء من تحديد جرعة دقيقة لكل مريض بالقلب حسب حالته .

كذلك تزرع نباتات طبية أخرى كالأفيون ، وست الحسن ، والدخان ، والحشيش في بيوت ذرية زجاجة لتزداد معرفتنا عن الأدوية التي تصنعها تلك النباتات

تغيير الجو

وتنعم النباتات داخل تلك البيوت الذرية بتكييف الهواء : ويحلم الكثيرون بيوم يمكن فيه استخدام الطاقة الذرية للتحكم في جو العالم . ويأملون الحصول على طاقة ذرية رخيصة قد تستخدم لإنتاج الأمطار حينما وأيضا تلزم . ويتحدثون عن تسخين تيارات المحيطات التي تسرى بالقرب من الأرض وتؤثر على مناخ مساحات كبيرة ، وإن كان من المؤكد أن مثل هذا التحكم في المناخ ليس متوقعا في المستقبل القريب ، وقد يظل دائما في عداد الأحلام .

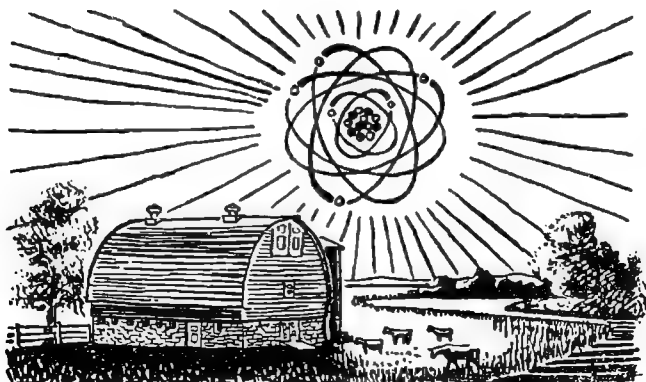
وتستخدم اليوم محطات الأرصاد الجوية الطاقة الذرية المتحررة من اختبارات القنابل الذرية في دراسات قد تزيد من دقة إحصائياتها وتنبؤاتها . ولكن اختبارات القنابل الذرية لا تحدث أى تغيير في الجو أو تسبب أى مطر أو صقيع .

ومن الطرق التي قد تساعد بها الطاقة الذرية الفلاحين

استخدام الحرارة الذرية لتسخين أحواض البساتين . وقد
تحل الحرارة الرخيصة المتولدة من الذرات يوما ما محل
أواني التدفئة التي تستخدم اليوم لوقاية البرتقال والليمون
وغيرها من الفواكه من الجليد غير الموسمى .

وقد تساعد الطاقة الذرية الفلاحين بطرق عديدة أخرى
في المستقبل ، ولكن يبقى أن نتعلم كيف ومتى يمكن
تحقيق ذلك .

وهكذا نرى أن الزراعة الذرية للأغذية والأطعمة قد
ساهمت في أحداث تطورات هامة ، مع أن الطاقة الذرية
ما زالت في هذا الميدان — كما هي في ميداني الطب والصناعة —
في بداية مساهمتها في تحسين مستوى الحياة . وستستمر غدا
مساهمتها في ميدان الزراعة على أيدي شباب اليوم .





الذرة في الصّناعة

إذا أردت البحث عن ابرة في كوم من القش ، فسيذلك عليها « عداد جيجر » اذا كان بها قليل من الحديد المشع .

وقد أدت ذرات النظائر المشعة أعمالا قيمة في ميدان الصناعة ، ودخلت فعلا الى صفوف الانتاج في صناعات عديدة ، مع أننا لم نلمس بعد الا القشور في هذا الميدان .

ويزداد عدد الصناعات التي تشتري « المخلفات » الذرية كل عام ، كما تكتشف تطبيقات جديدة للنظائر المشعة التي تنتجها المفاعلات النووية . وبالإضافة الى توفير تلك « المخلفات » وتحضير النظائر المشعة « بطهوها » في الأفران

الذرية ، تتعاون لجنة الطاقة الذرية في انتاج مواد خاصة عند الحاجة اليها . فمثلا يمكن ارسال حلقات المكابس الى المفاعل الذرى لتعريضها للنيوترونات فيه ، ثم تستخدم في آلة تجريبية لتقدير التآكل فيها .

التآكل الآلى

فقد كانت الطريقة القديمة لتقدير التآكل الآلى في زيت معين عبارة عن وزن جميع أجزاء الآلة وهى باردة ، ثم ادارتها عدة ساعات ، ثم وزن جميع الأجزاء مرة ثانية ، فالفرق في الوزن هو كمية تآكل الآلة من تأثير ذلك الزيت .

أما الطريقة الجديدة لاختبار تآكل الآلة بواسطة حلقات المكابس المشعة فأبسط كثيرا وتحتاج الى وقت أقل . فبعد ادارة الآلة يصفى الزيت ، وما به من الدقائق المعدنية الصغيرة التى تآكلت من الحلقات . ثم تعين درجة التآكل بتقدير النشاط الاشعاعى المنبعث من تلك الدقائق .



وقد أجرت شركة « ستاندارد أويل » بكاليفورنيا بحوثا على المكابس مدة أربع سنوات كلفتها حوالى ٣٥٠٠٠ دولار . ويقدر أن مثل هذه الاختبارات ، لو أجريت بالطرق القديمة ، لتكلفت مليون دولار ، ولاستغرقت ستين عاما .

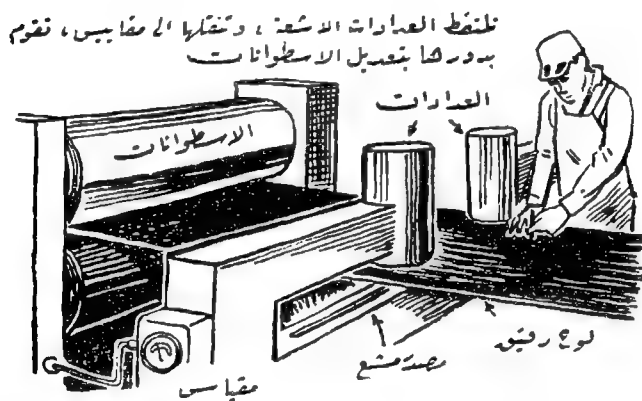
تآكل اطارات السيارات

وتبين الذرات المشعة لمنتجى اطارات السيارات كيف تتآكل تلك الاطارات ، فتصنع شركة « جودريتش » خيوطا معينة تحوى الفسفور المشع ، وتدخل فى صناعة الاطارات . ويمكن اختبار التآكل بطريقتين : تستخدم فى أولاهما « عدادات جيجر » ، وتستخدم فى الثانية — وهى الأفضل — أفلام حساسة تعرض للطريق الذى مرت عليه تلك الاطارات ، بعد أن يحدد يرسم خطين بالطباشير ، يترك بينهما الفيلم عدة ساعات . فتقوم الدقائق الصغيرة من المطاط التى تآكلت وسقطت على الطريق بتصوير نفسها بنفسها . وبذلك يتبين جليا أى تآكل قد يصل الى أقل من جزء من المليون من الرطل . وتستخدم النظائر بطرق مماثلة فى قياس تآكل كثير من أجزاء الآلات ، وتوفر المال والوقت ، نظرا لامكان تقدير كميات ضئيلة من الذرات المشعة بدقة .

سمك الألواح

كما يمكن قياس سمك بعض المواد كالمطاط والورق واللدائن والمعادن الرقيقة والألواح والمنسوجات بواسطة

النظائر المشعة . فاذا تصورت لوحا من اللدائن مفرودا بين اسطوانات تضبط سمكه ، يوضع على جانبيه « مخبر » ميكانيكى ، بطريقة خاصة تجعل النظير المشع فى جانب من ذلك اللوح ، والآلة التى تكتشف وتقيس نشاطه الاشعاعى فى الجانب الآخر ، بحيث لا يمس أيهما اللوح . فعندما يزداد سمكه بأقل درجة ، تقل الاشعاعات التى تخترقه لتتسجل على الآلة . فاذا حدث ذلك ، تتعدل الاسطوانات تلقائيا ، بحيث تمر الألواح باستمرار ، وليس بسمكها الا تغير طفيف جدا .



وتستطيع بعض تلك الأجهزة أن تجعل سمك انتاج الآلات — مع تشغيلها المستمر — لا يتفاوت بأكثر من جزء من ٢٠٠٠ . وهذا يوفر بمضى الوقت كثيرا من المادة التى تضيع هباء فى السمك الزائد غير المطلوب . فقد قدرت احدى الشركات أنها تستطيع الحصول على انتاج من اللدائن يزيد

بمقدار ٥٠٪ عما قبل من نفس كمية اللدائن باستخدام الطاقة الذرية فى مراقبة سمك الانتاج .

أخطاء الانتاج

وكذلك تؤدى الطاقة الذرية مهمة المراقبة بطرق أخرى ، مثل اكتشاف الأخطاء فى قطع الآلات بواسطة النظائر المشعة. فمنذ وقت طويل تستخدم الأشعة السينية والراديوم « للنظر خلال » المعادن الثقيلة ، فتمر الأشعة خلال الأخطاء أو الثقوب أسرع مما تمر خلال بقية الانتاج السليم ، فتكشف الأخطاء بطريقة تشبه شيئاً ما الطريقة التى تكتشف بها الأشعة السينية الخلل فى الأسنان . وتستخدم الآن بعض النظائر المشعة بدل الراديوم والأشعة السينية التى كانت تستخدم قبلاً فى ذلك العمل ، لأنها أرخص كثيراً وأسهل فى الاستعمال .

صناعة الطائرات

وتستخدم النظائر المشعة كآلة تفتيش لتحديد الأجزاء المختلفة أو التوصيلات الكهربائية الرديئة فى الهياكل الهوائية لكثير من الطائرات ، اذ أن بعض تلك الأجزاء يصعب الوصول إليه ، ولكن النظائر المشعة مثل « سيزيوم ١٣٧ » يمكنها فحص تلك الأجزاء بسهولة . و « السيزيوم ١٣٧ » واحد من مخلفات المفاعلات النووية ، أى أنه نوع من القمامة الذرية التى أمكن الافادة منها .

وقاية العمال

كذلك يستطيع « المخبر المشع » أن يقي عمال الآلات أيضا . فمثلا يمكن وقاية أيدي العامل المشتغل بالمشقاب الآلي ، بلبس سوار مشع في معصمه . فاذا لم يتمكن من سحب يده في الوقت المناسب ، تقف الآلة تلقائيا بفعل ما ينبعث من السوار من الاشعاعات .

العبوات الفارغة

ويمكن فحص بعض العبوات بواسطة النظائر المشعة أثناء مرورها على شريط الانتاج . فاذا لم تكن متلثة تماما ، مرت أشعة أكثر بين النظير المشع والعداد الموضوع في الجانب الآخر منها ، مما يؤدي الى توهج ضوء ، أو الى تعديل الآلة بحيث تقذف بتلك العبوة غير الكاملة خارج الصف .

صناعة المعادن

ويمكن بواسطة الذرات المشعة أن يقاس ارتفاع المعدن المنصهر في فرن المسبك ، أو قياس كمية الماء المعبأة في صورة ثلج فوق قمم الجبال ، فالذرات تنقسم باستمرار مهما كانت درجة الحرارة أو البرودة .

التسرب من المواسير

لو أن بعض الماء تسرب من ماسورة المياه الموجودة في باطن الأرض قرب منزلك ، وأردت اكتشاف مكان ذلك ،

فستضطر الى حفر مسافات حول ذلك المكان قبل أن
تحدد موقعه . ولكن هناك طريقة أحدث وأحسن من ذلك
باستخدام الذرة ، فبإضافة قليل من مادة مشعة الى الماء
الذى يسرى فى الماسورة يتسرب بعضها مع الماء المعتاد . وبذلك
تستطيع تتبع مسرى الماسورة بألة تكتشف النشاط الاشعاعى ،
وعندما تسرع الدقات يمكنك أن تحفر مباشرة الى مكان
التسرب .

خط أنابيب البترول

تسرى فى كثير من أنابيب البترول أنواع مختلفة من المواد
مثل زيت الديزل والجازولين والزيت الخام ، واليوم تستخدم
المواد المشعة لبيان الحد الفاصل بين كل مادة وأخرى . فإذا
فرضنا أن الجازولين يسرى أولاً ، يليه الكيروسين ثم زيت
الديزل ، ففى نهاية خط الأنابيب يعلن وصول الاشعاعات بدء



وصول الكيروسين ، ثم بدء وصول زيت الديزل . ولولا تلك الطريقة للزم تفريغ براميل كثيرة من المواد وضياعها ، في سبيل محاولة تحديد مكان بداية الصنف الجديد .

وتستفيد صناعة البترول من النظائر المشعة بطرق أخرى كذلك . فمثلا يمكن استخدامها لإدارة مضخات إضافية لزيادة سريان البترول عند تزايد الطلب ، وإيقافها عند ما لا تلزم . والنظائر المشعة تقيس سرعة سريان وارتفاع السوائل ، وتكتشف وجود بعض آلات صغيرة تكون قد أُلقيت فيها عرضا مما قد يعرقل سريان السوائل في الأنابيب . وهناك أوجه أخرى تلعب فيها النظائر دور العيون السحرية .

الصابون

وتؤدي النظائر عمل العيون السحرية في إنتاج الصابون كذلك ، حيث تستخدم بكتريا مشعة في بحوثه . والبكتريا لا يمكن أن ترى إلا بالمجهر ، أما إذا تغذت على النظائر المشعة فإنها تصبح مشعة كذلك ، ويمكن قياسها بسهولة بواسطة «عداد جيجر» . فالاختبار مقدرة الصوابين والمنظفات المختلفة على غسل الملابس ، توضع البكتريا المشعة على تلك الملابس ، ويغسل كل نوع منها بصابون مختلف ، وتقاس البكتريا الباقية على كل منها لمعرفة درجة كل صابون ومقدرته على التنظيف .

وإذا ثبتت قطعة ضئيلة من الكوبلت المشع في حوامل

البريد التى تسافر خلال المواسير ، فيمكن اكتشاف أحدها
إذا سد الماسورة بواسطة « عداد جيجر » .

المياه الجوفية

وتمكن النظائر العلماء من اختبار المياه الجوفية لتقدير
عمرها والكمية التى تأتى من تساقط الأمطار . كذلك يمكن
اختبار عينات من التربة باستخدام الكوبلت ٦٠ عند الموقع
الذى تتم فيه أعمال هندسية . وبهذه الطريقة الجديدة لا يلزم
أن تؤخذ عينات منها الى المعمل كما كانت الحال فى الماضى .

وقد استخدم مكتب استصلاح الأراضي فى الولايات
المتحدة النظائر لدراسة أثر قاتل للأعشاب على الأعشاب المائية
التي تنمو فى قنوات الري وتعطل سريان الماء . فباستخدام
قاتل للأعشاب يحوى ذرات الكربون المشع ، تمكن العلماء
من اقتفاء أثره فى النباتات ، ثم استخدمت المعلومات التى
حصلوا عليها لتحديد أفضل الطرق لاستخدام قاتل الأعشاب
فى الحد من الأعشاب الضارة فى قنوات الري .

فوائد أخرى

كذلك يستفاد من النظائر المشعة فى اتجاهات أخرى
كاختبار خصائص الطلاءات ، وتآكل شمع الأرض ، وتقييم
مصل الدم ، واختبار مقدرة طلاءات الوجه على التسرب
داخل المسام ، كما تختبر مئات من الاستعمالات المحتملة
الأخرى .

مكافحة الاجرام

وقد بدأت النظائر في المعاونة على مكافحة الاجرام أيضا .
فيستخدمها مكتب التحريات الفيدرالى وأقسام البوليس فى
بعض المدن الأمريكية الكبرى فى اقتفاء الأثر ، فيخلطها
بعض الجواهريين بالأحجار الكريمة الثمينة حتى يمكن
التعرف عليها فى حالة السرقة .

فى كل مكان

وفى كل مكان فى العالم تعمل الذرات المشعة من أجل
الانسان . فتستخدم فى تقدير مدى تسرب المياه الجوفية خلال
جبال الألب . وفى فرنسا تستخدم للتأكد من عدم نفاذ الهواء
فى خطوط التليفونات الأرضية ، وتعين فى انشاء الخطوط
تحت الماء بين فرنسا وشمال أفريقيا . وما هذه الا عينات فقط
من أعمال الذرة للأغراض السلمية .

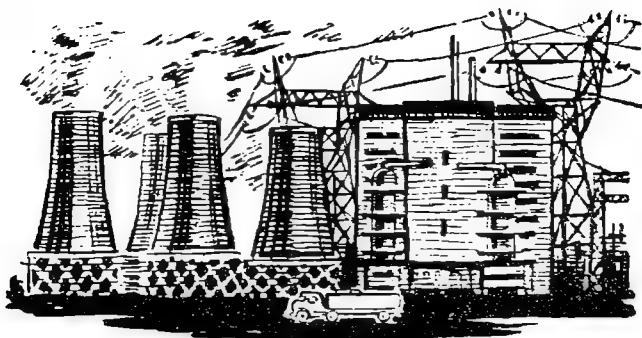
والنظائر المشعة آلة جديدة فى الصناعة ، وكثير من
استعمالاتها ما زالت لم تتحدد ، ومع هذا فالصناعة من أحسن
زبائن النظائر المشعة التى تنتجها لجنة الطاقة الذرية . فلا يوجد
أى منتج تقريبا لا يستطيع استخدامها لايجاد حلول أسرع
وأبسط وأدق لمشاكله .

وتتزايد اعداد الشركات التى تقوم بتحضير وتجهيز
النظائر المشعة وبصنع آلات لاستعمالها . كما أن للجامعات
أو جماعات البحوث الصناعية التى تحصل على موافقة لجنة

الطاقة الذرية أن تشتري أنواعا عدة من المفاعلات الصغيرة.
لانتاج تلك النظائر .

ويعتقد كثير من العلماء أن النظائر المشعة ستؤدى الى
تغيرات هائلة فى العشر سنين أو العشرين سنة التالية ، وان
حدثت ببطء وبالتدريج . وستلزم استخدام النظائر المشعة
دائما المشاكل الكثيرة التى تصحب العمل بالاشعاعات دون
الاضرار بمن يستخدمها . ورغم هذا فالدور الذى تلعبه الطاقة
الذرية فى الصناعة فى نمو دائم .

ففى كل شهر تعمل آلاف من النظائر المشعة من أجلك
فى المصانع ، وتنبعث منها اشعاعات تساعد على صنع منتجات
أحسن بأسعار أقل ، مع أنها ما زالت فى بداية عملها كخدام
للصناعة .



الكهرباء من الذرة

سيأتى اليوم الذى تمون به محطات ذرية مدنا بأسرها بالكهرباء . وتتخذ الآن الاجراءات المختلفة لوقاية العمال من الأخطار التى يتعرضون لها فى محطات الكهرباء التى تتولد فيها الطاقة من الفحم أو من مساقط المياه . أما فى محطة الطاقة الذرية فينبغى اتخاذ احتياطات خاصة أكثر : فمن أفلام تعلق على الصدور ، الى ملابس واقية ، الى أيد ميكانيكية تؤدى العمل بالمراقبة عن بعد ، الى آلات لاكتشاف الأشعة ، الى غير ذلك من التعقيدات فى عالم النشاط الاشعاعى . كما يلزم أيضا مراقبة سرعة الفرن الذرى الساكت ، ويخصص خبراء لمراقبة لوحة الآلات

والأنوار التى تشبه تماما اللوحات المستخدمة فى المفاعلات الأخرى .

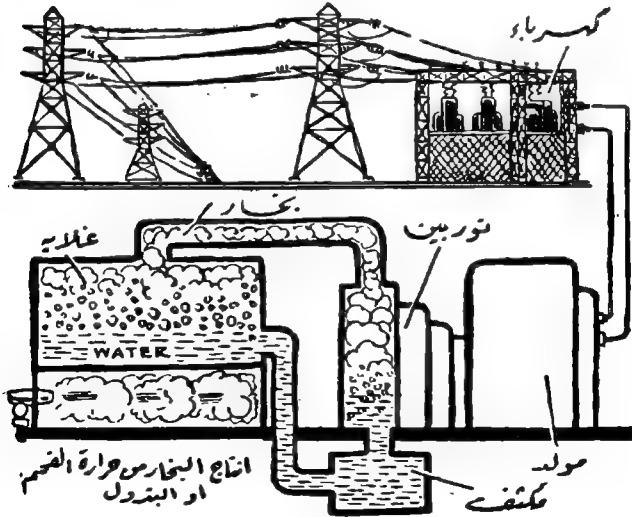
وقد تتساءل عما اذا كان مثل ذلك المصنع الذرى للطاقة سينفجر كما تنفجر القنبلة ، فيلزم ألا تخاف من الحياة أو العمل بالقرب من المفاعل النووى ، لأنه لو حدث أى خطأ فستعلن عنه أنوار التحذير ، لتنبه المشرف على لوحة المراقبة ليضغط على زر خاص لاييقاف الفرن ، ويؤدى هذا الى ادخال قضبان التحكم فى التفاعل ، التى تمتص النيوترونات فتقطع سلسلة التفاعلات ، قبل أن يصل الفرن الذرى الى نقطة الانفجار .

وسيتخذ من الاحتياطات التى تجعل المشغلين فى أمان نفس ما يتخذ فى الأطوار الأخرى من برنامج الطاقة الذرية ، فمستوى الصحة والأمان اليوم فى صناعة الطاقة الذرية أعلا من مستواهما فى أى صناعة أخرى فى البلاد .



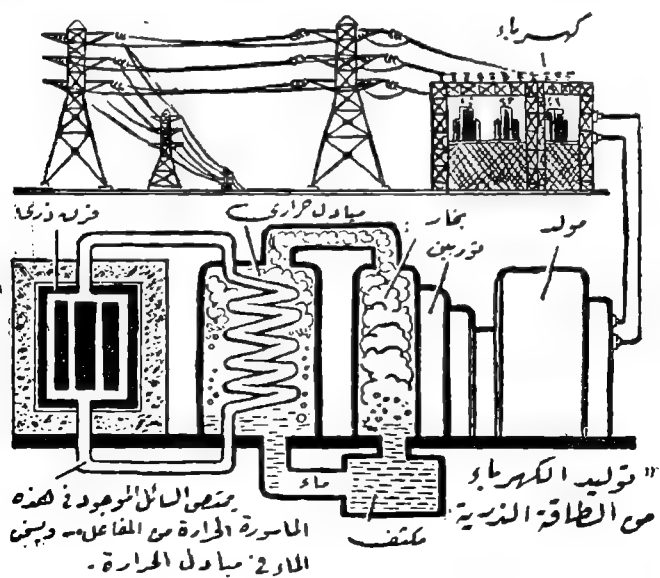
طريقة توليد الكهرباء

وطريقة توليد الكهرباء في مصنع الطاقة الذرية — كبر أو صغر — هي في أساسها نفس الطريقة المتبعة في محطات الكهرباء العادية ، إلا من حيث وجود المفاعل الذري وطريقة التخلص من الأدخنة المتخلفة . فيستخدم الوقود (الذري في هذه المرة) لتوليد الحرارة ، ثم تحول الحرارة الماء الى بخار ، ويدير البخار المضغوط مراوح « التوربين » البخاري ، ويدير هذا بدوره مولدا مولدا ينتج الكهرباء التي تسرى في الأسلاك لتؤدي أنواعا عديدة من الأعمال . ويؤدي البخار في هذه الطريقة نفس الدور الذي يؤديه منذ مئات السنين .



« توليد الطاقة بالطرق العادية . »

ويحلم الكثير من الناس بمحطات طاقة ذرية تنشأ غداً
تتولد الكهرباء الرخيصة ، ولكنهم لا يقدرّون المشاكل التي
يجب حلها بشأن النشاط الإشعاعي ، والحرارة الشديدة
المتولدة في المفاعلات . فقد تتكلف المفاعلات عشرات من
ملايين الدولارات . كما يلزم أن تكون المواد الخاصة
المستخدمة في البناء قادرة على تحمل الحرارة الشديدة .
ويلزم أن تنتقل الحرارة من المواد المشعة الى المواد غير المشعة.
وقد وضعت فعلاً مئات من التصميمات لتلك المفاعلات ،
ولكن ينبغي في جميع الأحوال تبريدها لتخفيض درجات
الحرارة المتناهية في الارتفاع التي تكون في أجزائها الداخلية



وتسمى المادة اللازمة لتبريد المفاعلات باسم « المبرّد » وهى أيضا تنقل الحرارة الى جهاز لتبادل الحرارة ، حيث تعضى بعض حرارتها الى الماء أو أى مادة أخرى ، وهكذا تصبح المادة الساخنة غير مشعة . ومن المواد المبرّدة الماء الثقيل ، وبعض أنواع الغازات ، والمعادن السائلة ، والماء المعتاد ، وغيرها .

كما أن مصنعا كبيرا للطاقة الذرية يستخدم الصوديوم السائل لازالة الحرارة من قلب المفاعل . وليس الاشتغال بالصوديوم مهمة هينة ، لأنه اذا تعرض للهواء يلتهب ، واذا اتصل بالماء ينفجر بعنف ، كما أن الصوديوم السائل عند خروجه من المفاعل يكون مشعا . وما هذه الا بعض المشاكل التى تواجه مهندسى الطاقة الذرية .

وبعكس الحالمين الذين يتوقعون طاقة ذرية رخيصة غدا نجد أولئك الذين يضحكون من فكرة توليد الكهرباء من الذرة . ولكن الواقع أن الحرارة المتولدة من انشطار الذرة استخدمت فى انتاج الكهرباء فى « ايداهو » فى عام ١٩٥١ فأنتجت كمية كافية من التيار لاضاءة مبنى المفاعل وتشغيل آلاته .

أول محطة أمريكية

وفى ٦ سبتمبر سنة ١٩٥٤ بدأ الرئيس إيزنهاور بناء أول

محطة تجارية الحجم للطاقة الذرية في الولايات المتحدة .
فلمس بعصاه اسطوانة متصلة بآلات اليكترونية في
« دنقر » بمقاطعة « كولورادو » . وبذلك بدأ تشغيل
جاروف هائل لحفر الأرض من منطقة محطة الطاقة الذرية في
« شينج پورت » بولاية « پنسلفانيا » التي تبعد بحوالى
٢٠٠٠ ميل عن « دنقر » . وفى ذلك المكان تبنى شركة
« وستجهاوس » الكهربائية مفاعلا ، ستشغله شركة
« دوکسن » لتوليد الكهرباء اللازمة لتلك المدينة الصغيرة .
ويتوقع أن يكون الوقود الشهري اللازم لتلك المحطة
حوالى ١٥ رطلا من اليورانيوم ، فى حين يلزم لاتتاج نفس
الكمية من الكهرباء بالطرق الحالية حوالى ٤٠.٠٠٠ رطلا
من الفحم .

وستكون الكهرباء المتولدة من أولى محطات القوى
الذرية غالية اذا ما أدخلنا تكاليف بناء المفاعلات الذرية فى
الاعتبار . ولكن الأسعار بعد ذلك ستقرب من أسعار الكهرباء
المتولدة من مصادر الطاقة الأخرى . ومن المحقق أن وقود
المفاعلات الذرية سيعين موارد العالم المتضائلة من أنواع
الوقود الأخرى كالزيت والفحم والبترول .

ويورانيوم ٢٣٥ واحد فقط من أنواع الوقود الذرى
الذى استطاع الانسان استخدامه . فأقران « هانفورد »
وغيرها تحول يورانيوم ٢٣٨ الى البلوتونيوم ، وهو العنصر

الذى صنعه الانسان والذى يمكن أن ينفلق لتوليد الطاقة .
وتستخدم طريقة تعرف باسم « طريقة التوالد » فى بعض
المفاعلات لانتاج وقود أكثر مما تستهلك ، وهذه عملية
بطيئة ، فقد « يطهى » الوقود فى مثل هذا القرن الذرى مدة
خمس سنوات أو أكثر قبل أن تعادل سرعة انتاج الوقود فيه
أو تفوق سرعة استهلاكه .

وقد يزيد « الثوريوم » — وهو عنصر أكثر توفرا بعض
الشيء من اليورانيوم فى القشرة الأرضية — من موارد
العالم من الوقود ، حيث أنه يمكن أن يحوّل فى المفاعل الى
يورانيوم ٢٣٣ ، وبذلك يمكن استخدامه كوقود نووى .

وستقوم الطاقة الذرية يوما ما بتوليد الكهرباء الرخيصة
فى العالم كله . وقد تموّن بعض المحطات الأولى التى لد
الكهرباء من حرارة الذرات المتحطمة المناطق التى يندر فيها
الوقود بما يلزمها من طاقة . وفى المناطق القطبية مثل
« ألاسكا » و « جرينلاند » يمكن نقل مصانع معبأة الى
القواعد الحربية النائية . ويمكن استخدام محطات صغيرة
أخرى لإمداد المناطق المنكوبة بالكهرباء . وبالمثل يمكن انشاء
محطات عائمة لتوليد الطاقة الكهربائية .

ويمكن انتاج الكهرباء من تحطيم الذرة بطرق مختلفة
تماما . فتستطيع مصانع الطاقة الذرية التجريبية التى تنتج
كميات كبيرة من الكهرباء أن تحول الطاقة الذرية الى حرارة

ثم تستخدم الحرارة لتوليد البخار الذى يستخدم لانتاج الكهرباء .

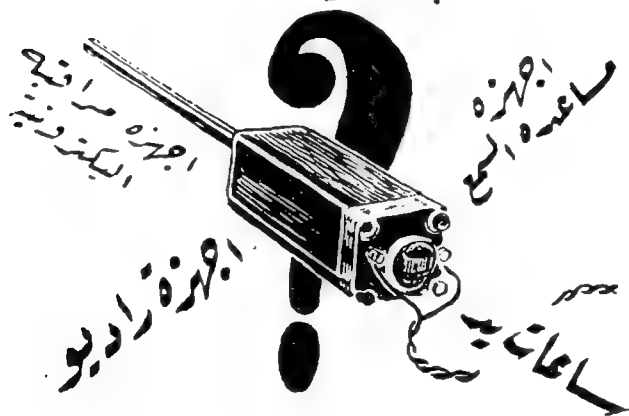
البطارية الذرية

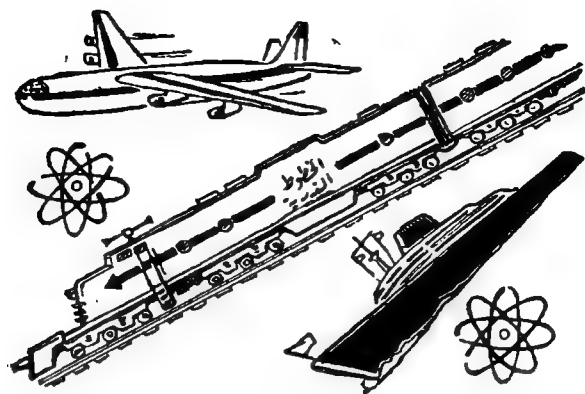
وقد صنعت شركة RCA بطارية ذرية صغيرة تستخدم « الاسترنشيوم » المشع وهو من « رماد » الأفران النووية . وتحول تلك البطارية (التى يبلغ حجمها كحجم طرف الأصبع) الأشعة مباشرة الى كمية من الكهرباء تعادل جزءا من المليون من الواط . وعلى ذلك يلزم ١٠٠ مليون من هذه البطاريات الصغيرة لتوليد كهرباء كافية لاضاءة مصباح قوته ١٠٠ واط ومع هذا فلاكتشافها أهمية كبيرة جدا .

والتيار المتولد من البطارية الذرية يبلغ من القوة حداً يعشده سنجيا فى آلة التليفون أو سماعة الأذن — اذا وصلت بها — يمكن سماعه على بعد ٣٠ قدما . وقد تبدو مثل هذه الكمية الصغيرة عديمة القيمة من الكهرباء ، ولكنها تبشر باليوم الذى يمكن فيه تشغيل السماعات وساعات اليد والاشارات والراديو وحتى أجهزة أكبر من ذلك ، بواسطة طاقة ذرية تبنى بداخلها . ولما كان « الاسترنشيوم » المشع يستمر فى تحرير الاليكترونات مدة عشرين عاما ، فيمكن تشغيل البطاريات الذرية طول هذا الوقت دون اعادة شحنها أو ملئها بالوقود . ولهذا السبب يعتبر صنع مثل تلك البطارية تقدما هاما فى انتاج الكهرباء .

ويعتقد بعض العلماء أن اكتشاف البطارية الذرية من
 أعظم الطفرات التي حدثت في تاريخ العالم . وقد تأخذ
 مكانها الى جانب المفاعلات الذرية في امداد العالم بمصادر
 جديدة للطاقة . وسيكشف الوقت وحده عن العجائب التي
 يمكن الوصول اليها بتسخير الانسان للذرات في انتاج
 الطاقة الذرية للأهداف السلمية .

« البطارية الذرية »





الطاقة الذرية

يحتوي قرص من اليورانيوم في حجم حصوة صغيرة من الرخام كمية من الطاقة تكفي لتسيير سيارة أربع مرات حول الأرض . ولكن لا تأمل أن تشتري سيارة ذرية في العام المقبل لتتفادي تكاليف البنزين ومتاعب محطاته ، لأنه لم يمكن حتى الآن تحرير الطاقة من مثل تلك الكمية الصغيرة من الوقود الذري . وبالإضافة الى هذا تزن السيارة الذرية — ان صنعت اليوم — حوالي خمسين طناً ، كما لا يمكن أن يوضع البناء الذي يبلغ سمكه ستة أقدام من السلاح — اللازم لوقاية السائق من المفاعل النووي — محل خزان البنزين في أى سيارة من سيارات اليوم .

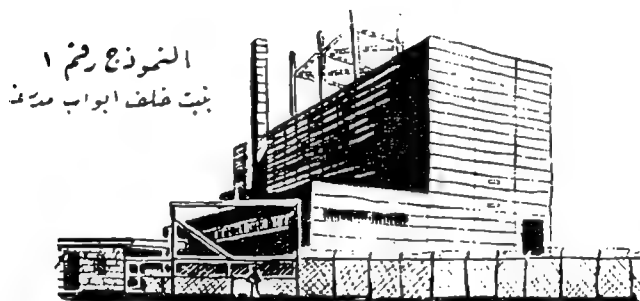
قصة الغواصة الذرية

وليس السفر الذرى — مع هذا — حلما من الأحلام .
ففى الغواصة المغطوسة الأنف ، التى تشبه شكل السيجار ،
والتى أطلق عليها اسم « نوتيلوس » ^(١) توجد آلة ذرية
ستخلد ذكراها دائما كأول محرك يحوى مفاعلا نوويا
تستخدم طاقته فى المواصلات . ففى ١٧ يناير سنة ١٩٥٥
دفعت الطاقة الذرية تلك الغواصة فى جوف الماء ، فى حين
لم يكن تسيير الآلات بالطاقة الذرية قبل ذلك بست سنوات
أكثر من أمل . وقد تحول ذلك الأمل تحت اشراف الأميرال
« هايمان ريكوثر » الى مركب يمكن أن يسافر الى أقاصى
البحار دون أن يعاد شحنه بالوقود .

ولهذه الغواصة آلة ذرية تجعلها قادرة على عبور المحيط
الأطلسى بسرعة عالية وهى مغمورة تحت الماء ، وتستطيع
السفر حول العالم كله دون أن يعاد شحنها بالوقود ، أما أقصى
سرعتها فسرّة من الأسرار وقد مزح بعضهم قائلا ان الغواصة
الذرية تستطيع السفر مغمورة مدة أربع سنوات ، ثم
لا تحتاج الى الظهور الى السطح الا فترة تكفى لاعادة تسجيل
بحارتها فى الخدمة العسكرية فقط . ومن المحقق أن هذه
الغواصة الذرية تفوق كثيرا الغواصات القديمة .

Nautilus. (١)

وقصة أولئك الذين عملوا دون انقطاع تقريبا لابرار
 الغواصة الذرية الى حيز الوجود قصة النبوغ الهائل
 والشجاعة الكاملة . وهى قصة العمل الشاق والسباق مع
 الزمن ، لأن الوقت كان عاملا رئيسيا . وان كانت ست
 سنوات تبدو مدة طويلة لمن لا يقدرון المشاكل والمصاعب
 التى اعترضت المشروع ، ولكنها فى الواقع فترة قصيرة
 اذا ما قورنت بالخمسين عاما التى قدرها بعض أعظم العلماء
 لتحقيق مثل ذلك الهدف .

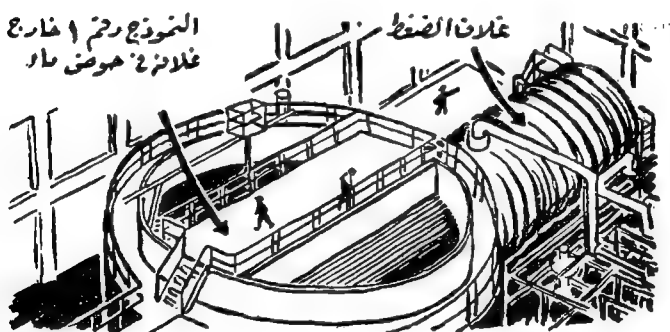


فالقطة اللازمة للغواصة لم تكن جاهزة يمكن شراؤها ،
 وانما لزم أن توضع لها التصميمات . ولم يمكن التقليد
 أو نقل أى فكرة عن غواصة أخرى ، لأنها كانت الأولى
 من نوعها . لقد كانت آلة الغواصة الذرية « مارك » (١)
 سرا كبيرا فى صحراء « ايداهو » .

فى منطقة صحراوية فى ولاية « ايداهو » أقيم مبنى
 ضخيم من المسلح دون أى نوافذ ، سمك حوائطه عشرة
 أقدام ، وارتفاعه ثمانية طوابق فوق سطح الصحراء . وبداخل

ذلك المبنى — وعلى بعد أكثر من ألف ميل من أقرب محيط
 بجمع العمال هيكمل أول نموذج لغواصة ذرية وجوانبها ،
 في حين كان فرنها النووى فى « حوض » خاص ، بلغ قطره
 خمسين قدما وعمقه حوالى الأربعين ، ويمكن تحرير الطاقة
 من ذلك المصنع النووى بتحرك زر خاص .

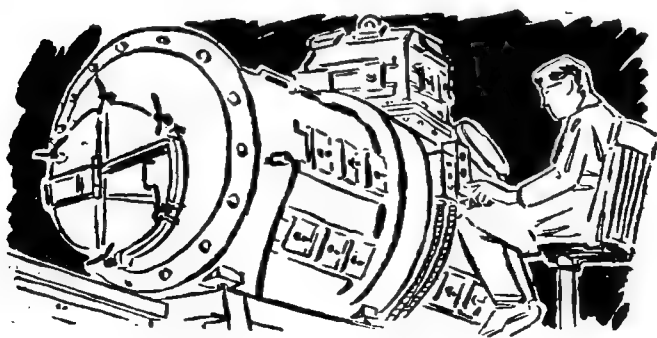
وقد بنى النموذج رقم (١) للغواصة فى ذلك المكان ،
 على أن تبنى نسخة مشابهة له تماما فى الغواصة « نوتيلوس »
 على بعد ٢٥٠٠ ميلا ، فى « جروتون » بمقاطعة « كونكتيكت »
 حيث أحيطت منطقة خاصة فى طرف حوض السفن بالبحال
 وأطلق عليها الاسم المستعار « سيريا » .



وقد صنعت أجزاء النموذج رقم (١) فى ٢٣ ولاية
 مختلفة ، ثم اختبرت وروجعت وجمعت فى « ايداهو » .
 ثم بنيت منها نسخة أخرى فى النموذج رقم (٢) ، وهو
 الآلة التى كانت ستوضع فى أول غواصة ذرية لتموينها
 بالطاقة . وفى « سيريا » فى « جروتون » بولاية « كونكتيكت »

وضعت تلك الآلة رقم (٢) فى هيكल الغواصة «نوتيلوس» .
ولا يمكن تصديق المشاكل التى تغلب عليها الأميرال
« ريكوفر » ورجال بحريته بالاشتراك مع لجنة الطاقة
الذرية وشركة « وستنجهاوز » الكهربائية وشركة المراكب
الكهربائية .

فمثلا كان « الزركونيوم » أحد المعادن التى اقترحت
لتستخدم فى النموذج رقم (١) ، لأن هذا المعدن النادر
يتميز بمقدرته على تحمل درجات الحرارة العالية ، ولا يمتص
النيوترونات ، ويبطئ سلسلة التفاعلات النووية . وعندما
بدأت دراسته ، وجد أن ثمن الرطل الواحد منه نصف مليون
دولار ، فضلا عن ان كل ما كان بالولايات المتحدة منه
لا يكفى للء صندوق أحذية . ولكن قبل أن يتم النموذج
رقم (١) كان « الزركونيوم » ينتج رخيصة نسبيا وبكميات
كبيرة كذلك .



محام الزركونيوم اللازم للغواصة الذرية

وكان لحام « الزركونيوم » مشكلة أخرى . فرغم أنه لا يمتص النيوترونات كأكثر المعادن ، إلا أنه يمتص الأكسجين والنيتروجين عندما يلحم في الهواء ويشتعل . فصمم مهندسو « وستنجهاوز » خزاناً مفرغاً يشبه الرئة الحديدية ليتمكن لحام الزركونيوم فيه .

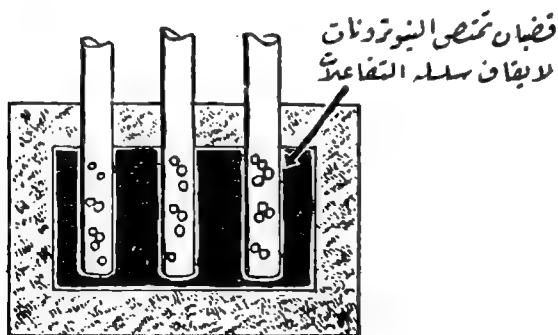
وسبب النشاط الإشعاعي مشكلة أخرى . فقد كانت أكثر التجارب تجري خلف حوائط سمكها سبعة أقدام من المسلح فصمم مقرّب « پريسكوب » خاص يمكن العامل من رؤية ما يؤدي من أعمال . واستخدمت أيد ميكانيكية كالمخالب لأجراء العمليات عن بعد . وأجريت العمليات الأخرى تحت ١٢ قدماً من الماء في ورشة مطمورة تحت الماء ، ليستطيع العمال رؤية وتشغيل آلات مشعة خاصة بأمان تام .

وابتكر للغواصة جهاز تنفس خاص ، لكيلا ينفد مورد الأكسجين فيها ، ولكي يزال ثانى أكسيد الكربون خلال الفترات الطويلة من الوقت التى تنغمر فيها الغواصة تحت سطح الماء .

وخصصت مجموعة من البحارة لاختبار أجهزة التنفس واختبار وسائل الحياة فى هواء صناعي مدة ستة أسابيع . فظل اثنان وعشرون بحاراً مع طيب بخار في غواصة مدة ستة أسابيع خرجوا بعدها في حالة صحية جيدة .

ومن المصاعب الأخرى أن الغواصة الذرية يجب أن تكون متينة الصنع ، لأنه متى بدأ عملها ، لا يمكن أن يمسه رجال الإصلاح ، وهذا يعنى ضرورة مضاعفة العناية ببنائها ومئاتها .

ومن المشاكل الأخرى التى اتخذت الاحتياطات لمواجهتها حدوث خلل بالمفاعل أثناء وجود الغواصة فى البحر ، ففى حالة الطوارئ ينير ضوء أحمر للتنبيه ، وتنزل قضبان من « الهافنيوم » فى المفاعل النووى لمتص النيوترونات وتوقف سلسلة التفاعلات النووية وتبطل عمل الفرن الذرى . وتتجرك الغواصة بعد ذلك ببطاريات أو بآلة ديزل صغيرة تكون مستعدة لمثل تلك الطوارئ ..



كذلك اذا تسرب الماء المشع ، كان خطرا على البحارة أو على السفن القريبة من مكان الغواصة . ولذلك يلزم أن تكون المواسير والصمامات والأجهزة الأخرى قوية ، محكمة

للحام ، لمنع أى تسرب قد يحدث حتى تأثير الضغوط
الشديدة فى أعماق البحار . كذلك تلحم أجهزة التبريد بدقة
شديدة بحيث أن الماء المشع الذى قد يتسرب منها فى ٥٠٠
سنة لا يتعدى المائة نقطة . وما هذا الا مثال واحد على
العناية التى اتخذت فى بناء الغواصة الذرية « فوتيلوس »
لحماية المسافرين فيها .

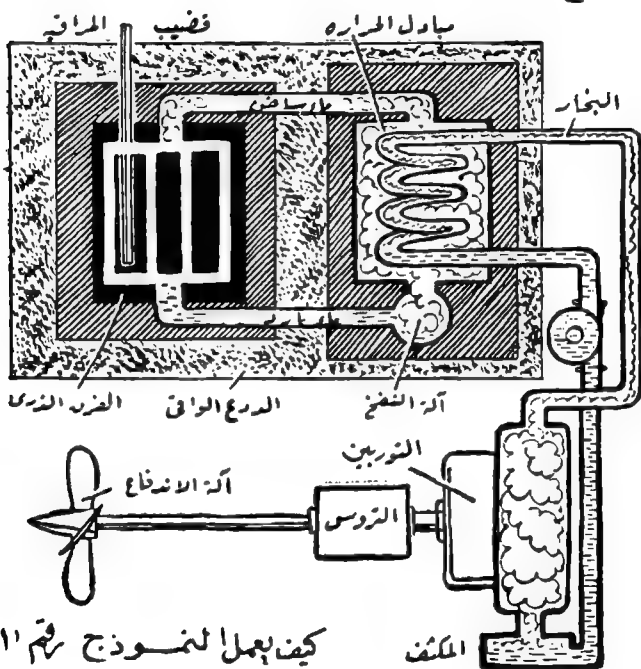
ولقد كان الشك فى امكان تسخير الذرة لتسيير سفينة
أو غواصة يتطرق دائما الى أذهان الجميع ، كما أن مثل هذا
العمل الباهر لم يتحقق قبل هذه المرة .

وقد كان قلب المفاعل الذرى مصنوع من اليورانيوم هو
عصب المشروع . فبالإضافة الى المخاطر التى يتعرض لها
البحارة من اشعاعاته ، كان هناك خطر تحطمه بسرعة أكبر
من اللازم مما قد يؤدى الى تفاده وتوقف المفاعل .

وقد بدأ النموذج رقم (١) فى انتاج النيوترونات لضمان
استمرار سلسلة التفاعلات الذرية فى ٣١ مارس سنة ١٩٥٣ ،
بنفس الطريقة التى كانت تعمل بها الأفران الذرية فى أجزاء
كثيرة من البلاد ، ولكن الصعوبة التى أمكن التغلب عليها
فى هذه الحالة هى تشغيل تلك المفاعلات النووية فى ادارة
التوربينات البخارية . وفى ٣١ مارس من عام ١٩٥٣ دشنت
الغواصة وهى ما زالت على سطح الأرض ، فأدير صمامها ،
فأنتج المفاعل الحرارة ، وبدأت التوربينات تعمل ، فدارت

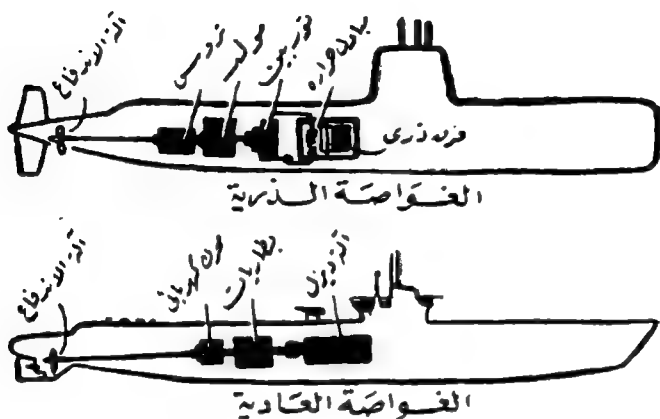
مروحة الاندفاع ، فكان هذا بشيرا بمولد أول وسيلة للنقل الذرى .

وفي الغواصة « نوتيلوس » يمتص الماء الحرارة من المفاعل ويحملها الى غلاية ، يسخن فيها الماء غير المشع ليولد البخار ، وهذا البخار يدير التوربينات ، التى تدير مراوح الاندفاع .



واذا نظرت الى « نوتيلوس » من الظاهر لما وجدتها مختلفة كثيرا عن الغواصات الأخرى ، وان كان شكلها أضخم قليلا ، وقوسها أفطس ، وهيكلها سميك بدرجة غير عادية .

وهذه الظواهر مع الطاقة الهائلة والسرعة الهائلة ، التي نجمت عن استخدام الآلة الذرية ، تمكن « نوتيلوس » من السير خلال الماء بسهولة أكثر من الغواصات القديمة .



وداخل الغواصة يتمتع البحارة بالأغذية الطازجة المجمدة على مناضد الطعام التي يمكن طهيها فوق الرؤوس . كما توجد بها حجرة خاصة للألعاب ، وسلم ذو اتجاهين ، ومراحيض منفصلة مضاءة بالنور المتوهج ، وسرر من المطاط المنفوخ التي تتحول في النهار الى كراسي مريحة للجلوس ، وحوائط زاهية الألوان ، وأدوات تدخل السرور على البحارة وتريحهم بدرجة أعلا من الغواصات القديمة بأنوارها البراقة وجدرها البيضاء . كذلك كانت الغواصات القديمة ذات هيكل مزدوج تحمل الزيت بين طبقتيه ، أما « نوتيلوس » فلا يلزم أن تحمل مثل هذه الكميات من الوقود ، لأن قطعة

من اليورانيوم في حجم كرة الجولف تكفيها مدة شهر .
ويحتل المفاعل بدرعه المصنوع من الرصاص ، والآلة ،
وتروس الاندفاع حوالى ثلث الغواصة فقط ، وبذلك تبقى
مساحة كافية للبحارة أفسح مما كان يترك لهم في الغواصات
الأخرى .

وانضمت « نوتيلوس » للأسطول في ٣٠ سبتمبر من
عام ١٩٥٤ كأول قطعة بحرية ذرية . وقد صممت الغواصة
الذرية الثانية « سى وولف » Sea Wolf لتستخدم الطاقة
الذرية بطريقة أفضل ، وقد تفوق الغواصات الذرية التالية
كل ما كان الانسان يتصوره منذ أعوام قليلة خلت .

الطائرة الذرية

وتبذل الجهود لصنع طائرة ذرية فى عدة أماكن مختلفة .
كما أن هناك عدة مشاكل يجب حلها قبل أن يستطاع تسيير
طائرة بالطاقة الذرية ، ولكن العلماء يبذلون قصارى جهدهم
لايجاد تلك الحلول .

ومن الطرق الممكنة لمحاولة الطيران الذرى استخدام
أجهزة اندفاع ، تديرها توربينات ، يحركها البخار . وينتج
البخار مباشرة من حرارة المفاعل النووى أو من هواء أو
معدن سائل تسخنه حرارة المفاعل الى درجة كبيرة .

وقد يحل المفاعل الذرى محل « الأفران » التى تنتج

الحرارة في الطائرات النفاثة . ويمكن نقل الحرارة من المفاعل النووي بواسطة الهواء أو السوائل .

ولولا مشكلة النشاط الاشعاعي الكبرى لكان صنع طائرة ذرية أبسط كثيرا مما هو الآن . فلا بد أن يخترع للطائرة الذرية درع واق خفيف بحيث لا يتعارض مع عملية بدء ارتفاع الطائرة في الهواء . والرصاص والمسلح — وهما مادتا الوقاية المعتادتان — ثقيلان غاية في الثقل . ويعتقد بعض الناس أن التحكم في رفع الطائرة في الهواء هو الحل الأساسي لمشكلة الطائرات الذرية ، فبذلك يمكن رفع الطائرة وذلك الدرع الثقيل الواقى في الهواء .

وعندما تهبط الطائرات البترولية المعتادة الى الأرض ، تكون حمولتها من الوقود قد قلت كثيرا عما كانت عليه عند ارتفاعها في أول الرحلة . أما هبوط الطائرة الذرية وبها المفاعل ، ودرعه الواقى الثقيل ، ووزنه الذى لا يقل بعد الطيران ، فمشكلة أخرى من المشاكل الكثيرة التى يجب حلها .

ولا شك في أن التغلب على مشكلة الاشعاعات الذرية سيؤدى الى طفرة في عالم الطيران ، لأن الطائرة الذرية تستطيع الدوران حول الأرض عدة مرات دون توقف . كما أن استهلاك الطائرات العادية من البترول يقدر بألاف الأربطال في كل ساعة ، في حين يقدر الوقود اللازم للطائرة التى تسير بالمفاعل النووي بالأربطال في كل يوم .

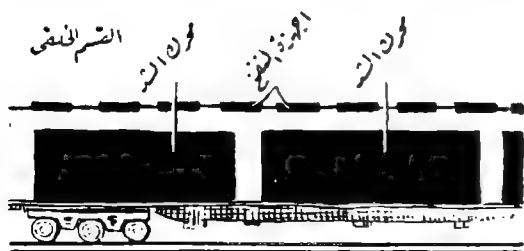
ولو أن برامج مفاعلات الطائرات تتقدم باضطراد ،
الا أن الطريق أمامها طويل ملىء بالمشاكل الصعبة .

السفن الذرية

أما السفن العادية التى تسير فوق سطح الماء فوسيلة
أسهل للنقل الذرى . وستستخدم البحرية الأمريكية الطاقة
الذرية فى تسيير حاملات الطائرات ، قبل أن يتمكن أصحاب
السفن الخاصة من مواجهة التكاليف الباهظة للوحدات
اللازمة لتسيير سفنهم . ومن المحتمل أن تنخفض تكاليف
المفاعلات الذرية بمرور الوقت ، وعندئذ تعج البحار بالسفن
الذرية .

القاطرة الذرية

وقد تعاون الدكتور « ليل بورست » أستاذ الطبيعة
بجامعة « أوتا » مع مجموعة من العلماء لدراسة امكانية
القاطرة الذرية . وقد ساهمت مع تلك المجموعة خمس شركات

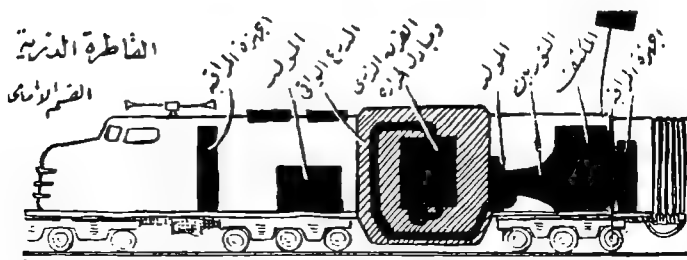


للسكك الحديدية وتسع شركات صناعية ، أعدت تقريرا
عن الوقاية من الأشعة عند تشغيل مثل تلك القاطرة .

والوقود المقترح في تلك الدراسة محلول مائى لمادة
تحوى اليورانيوم ، يسميه العلماء « الشوربة » ، ويبدو
كالماء الذى يحوى قليلا من صبغة صفراء ، ولكنه مشع ،
ويستلزم درعا سمكه أربعة أقدام لحماية العمال والركاب .
وتستخدم الحرارة من المفاعل فى تسخين البخار ، الذى
يدير مولدات للكهرباء ، تدير بدورها عجلات القاطرة .

وتتكلف القاطرة الذرية التجريبية أكثر من مليون دولار .
ويتوقف مدى رخص تكاليف تسييرها أو ارتفاعها بالنسبة
لقاطرات الديزل على ثمن وقود اليورانيوم وحل الكثير من
المشاكل العملية .

ولا يدرى أحد اذا كنت ستركب فى حياتك قطارا
أو سفينة ذرية — كما لا يدرى أحد مدى امكان تحقيق مثل
تلك المشروعات .





الذرة ومُستقبلك

ماذا سيكون من شأن الطاقة الذرية في مستقبلك ؟
تتوقف الاجابة على هذا السؤال على عوامل تبلغ من الكثرة
حدا يجعل من المستحيل الاجابة عليه .

فكل انسان تقريبا يدرك القوة التدميرية المخيفة للقنابل
التي تحرر كميات هائلة من الطاقة اما بتحطيم الذرات
أو بتجميعها . ويوجه جانب كبير من برنامج الطاقة الذرية
نحو ابتكار أسلحة لحماية البلاد ، أملا في أن يؤدي هذا الى
منع الحرب . وبينما تبحث دول العالم عن طريقة للسلم

الحقيقى ، تنمى فى الوقت نفسه التطبيقات السلمية للطاقة الذرية التى وصفت فى هذا الكتاب . فالفوائد العجيبة للطاقة الذرية تحت أمرك فى كل مكان .

علماء من سائر الدول

وقد ساهم رجال ونساء من دول كثيرة فى العمل الذى أدى الى تطبيقات الطاقة الذرية : منهم « هان » و « شتراسمان » فى ألمانيا و « ليس مايتنر » فى كوبنهاجن بعد أن فر من ألمانيا النازية و « فرمى » و « اينشتين » و « زيلارد » فى أمريكا — وقد ولدوا فى أوروبا وآتوا الى أمريكا هربا من النازية والفاشية — كل هؤلاء ساهموا بنصيب بارز . وفى أوائل عام ١٩٣٩ تعاون علماء الطبيعة فى العالم الحر معا لترداد معرفتهم عن وسائل تحرير الطاقة من قلوب الذرات . وأوقفوا — بمحض اختيارهم — نشر تجاربهم منعا لتسرب مثل تلك المعلومات الى النازى . وأخذوا دورا فعالا فى التطورات العلمية والحرية ، محاولين حماية الديمقراطية حتى يظل العلماء أحرارا .

وكان من نتيجة ذلك العمل التفاعلات السلسلية الناجحة ، والقنابل الذرية التى تلتها . ويعتقد بعض الناس ان هذه القنابل كان يجب ألا تصنع ، وأن طاقة الذرات كان يجب ألا تتحرر . وليس من المهم اليوم أن تتفق أو لا تتفق مع هؤلاء ، فالمسألة

هى « هل نحتاج الى الطاقة الذرية » ؟ وكيف نعيش بها
ونستخدمها الى أقصى حد لخير العالم ؟

والحياة فى العصر الذرى مشكلة صعبة . وقد تعتقد أن
مشاكل الطاقة الذرية أكبر منك أو أصعب من أن تفعل شيئا
إزاءها . فمشكلة الطاقة الذرية أكبر من أن يعالجها شخص
واحد أو مجموعة واحدة من الناس ، فهى مسئولية كل مواطن ،
فأنت — وحدك أو مع جماعات من الناس — تستطيع أن
تلعب دورا هاما فى مساعدة العمل نحو تنمية التطبيقات
السلبية للطاقة الذرية ، فتساعد على حماية العالم من الدمار
والهلاك .

كيف تساعد على نشر الوعى الذرى ؟

وها هى ذى بعض الطرق التى تستطيع أن تساعد بها :
يجب أن تكون دائما على علم بتقديم برامج الطاقة
الذرية . وبقراءة هذا الكتاب ، عرفت فعلا عن هذا الموضوع
أكثر جدا من كثير من الناس ، فتستطيع أن تتحدث عن الطاقة
الذرية لغيرك من الناس ، وأن تستثير اهتمامهم فى هذا
الموضوع الحيوى .

وإذا كنت ترتب لنفسك فى المستقبل عملا فى ميدان
الطاقة الذرية ، ناقش أفكارك مع مستشاريك أو مدرسيك ،
وسلهم عن أفضل الطرق للتحضير للعمل الذى تدخل فيه

الطاقة الذرية ، وعن أنسب الأعمال التي تلائمك . ففى أمريكا وغيرها مدارس للتدريب على استخدام النظائر ولتحضير الرجال والنساء ليصبحوا علماء ذريّين . وهناك حاجة ملحة للأشخاص المدربين فى البحوث والأعمال الأخرى فى ذلك الميدان .

وتعطى الحكومة الكثير من المعلومات المجانية والرخيصة عن النواحي المختلفة فى برنامج الطاقة الذرية ، وتستطيع الكتابة للجنة الطاقة الذرية فى واشنطن ٢٥ ، أو للمشرف على الوثائق ، بمكتب الطباعة الحكومى بواشنطن ٢٥ لطلب كشوف المطبوعات الموجودة فى موضوع الطاقة الذرية . وقرأ الكتب والمقالات التى تظهر فى الصحف والمجلات . وكن متيقظا ، فهذا ميدان لا يمكن للإنسان فيه أن يزيع عنه الأعمال الى غيره .

وقد تصل الى بلدك المعارض الذرية فلا تتوان عن زيارته ويشجع كثيرون ممن يقدرّون الحاجة الى نشر التعليم مثل هذا البرنامج . وقد وضعت وكالة الاستعلامات فى الولايات المتحدة برنامجا عالميا لتوضيح الجهود التى تبذل للتوسع فى التطبيقات السلمية للطاقة الذرية بحيث تصل المعارض فى النهاية الى ٧٦ دولة .

وقد دخل مشروع الرئيس ايزنهاور العالمى « الذرة من أجل السلام » مرحلة التنفيذ . ففى ١٥ نوفمبر من عام ١٩٥٤

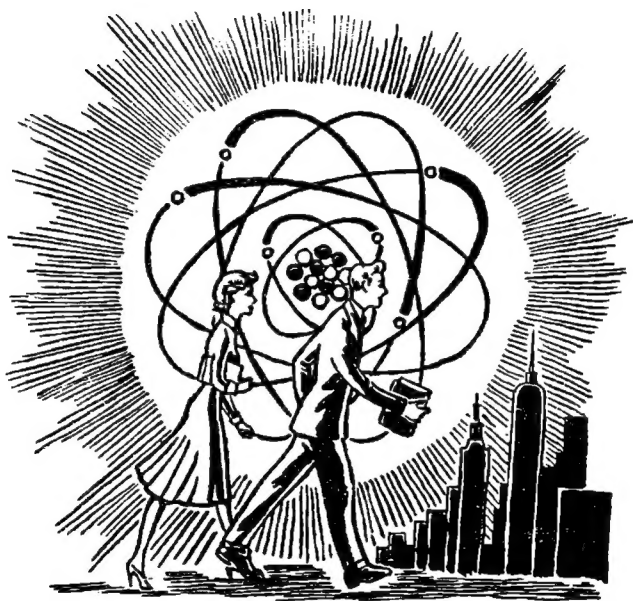
أعلن أن الولايات المتحدة ستقدم أول مساهمة من اليورانيوم ٢٣٥ للوكالة الذرية الدولية التي تنفذ البرنامج ، وفي اليوم التالي قدمت بريطانيا مساهمتها الأولى ، وهي عبارة عن وقود ذري للمفاعلات التجريبية للدول المختلفة لتحضير النظائر المشعة وإتاحة الفرصة للعلماء للتدريب والتجربة . وهذه هي بداية برنامج قد يؤدي الى رفع مستوى الحياة في الدول المتخلفة ، ويفيد العالم كله ^(١) .

وهذه بضع طرق تحاول بها الهيئات الرسمية نشر المعرفة عن الطاقة الذرية . فقد تستطيع تنظيم جماعات في محيطك تدرس الموضوع أو تقيم بعض المعارض الصغيرة في المكتبات العامة أو غيرها من الأماكن .

فكل ما تقول أو تفعل أو تفكر فيه بالنسبة للطاقة الذرية

(١) وقد دعت هيئة الأمم المتحدة الدول الأعضاء الى أول مؤتمر دولي للتطبيقات السلمية للطاقة الذرية . وقد عقد في جنيف في أغسطس من عام ١٩٥٥ . وكان أول مؤتمر تبودلت فيه المعلومات عن الطاقة الذرية وتطبيقات النظائر في ميادين الصناعة والزراعة والبحوث العلمية والحيوية والطب وغيرها من الميادين . وقد اميط فيه اللثام عن الكثيرين من الأسرار . وقد أدى نجاحه الى تقرير هيئة الأمم في دورتها العاشرة في نهاية عام ١٩٥٥ ضرورة عقد كل عامين أو ثلاثة لاستمرار نشر وتبادل نتائج البحوث السلمية (المترجم) .

يلعب دورا في تقرير اتجاهات الزعماء السياسيين . واهتمامك
بالطاقة الذرية سيساعدك على الحصول على حقلك في الحياة
في العالم في سلام ، وفي عالم أفضل يستفيد بما ينطلق من
الذرة من طاقة .



هذا الكتاب

من التعبيرات التي تداولناها حتى استقرت في أذهاننا أن نقول أننا نعيش اليوم في « عصر الذرة » ومع ذلك فإن من المشكوك فيه كثيرا أن يكون « مفهوم » ذلك واضحا لنا تمام الوضوح . فقد أصبح العالم اليوم في مفترق الطرق وفي مواجهة مصيرين لا ثالث لهما كما قال الفيلسوف المعروف برتراند راسل في خطاب أخير له جاء فيه : « ان الزمن الذي نعيش فيه يتسم بطابع الغرابة ويختلف عن أى وقت مضى منذ بدء التاريخ لأننا لا بد أن نواجه أحد مصيرين : مصير سيئ الى أبعد الحدود أو مصير حسن الى حد لم يسبق له مثيل . ويبدو أنه ليس ثمة طريق وسط فلنرجو أن تختار البشرية السبيل الأفضل . . . » وهذه البشرية ليست العلماء والقادة والحكام وحدهم ، ولكنها نحن جميعا وعلينا جميعا عبء الاختيار . فهل نحن صالحون للاختيار بغير معرفة أو وعى ؟ هذا الكتاب اذن هو محاولة لتبسيط الموضوع وتقريب تفاصيله اليها نحن غير المتخصصين .

ويكفى في بيان أهمية هذا الكتاب أن ننقل الى القارئ ما يلي من مقدمة سيادة وزير التربية والتعليم : « . . . اننا اذ نشجع أمثال هذا الكتاب من الكتب العلمية المبسطة الى اللغة العربية ونرحب بضمها الى المكتبة العربية ، نود أن نشكر القائمين بتأليفها ونشرها لمساهماتهم الفعالة في تنوير الأذهان الى الموضوعات الحيوية وربط العلم بالتفكير الشعبي ، مما من شأنه أن يدفع شباب الباحثين والدارسين في الجامعات ومعاهد البحوث نحو ولوج هذا الميدان الجديد من ميادين العلم الذي ينتظر أن تحدث تطبيقاته تطورا عظيما في الزراعة والصناعة . . . »

كتاب لا بد أن يقرأ